INSTITUTO DE INGENIEROS CIVILES DE ESPAÑA

II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

Celebrado en Madrid durante los días
28 de mayo a 3 de junio de 1950

Tomos VIII y IX

1951

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

45/154-VIII-IX

R-7624

III Congreso Nacional de Ingeniería

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO
BIBLIOTECA

TRABAJOS

TOMO IX

MAQUINARIA Y EFICIENCIA

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

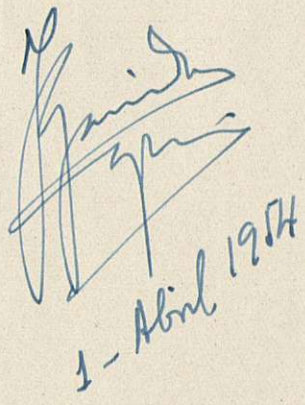
INSTITUTO DE INGENIEROS CIVILES DE ESPAÑA

II Congreso Nacional de Ingeniería

Tomo VIII
TRANSPORTES

Y

Tomo IX
MAQUINARIA Y EFICIENCIA



MADRID
1951

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

INSTITUTO DE INGENIEROS CIVILES DE ESPAÑA

II Congreso Nacional de Ingeniería

Tomo VIII

TRANSPORTES

MADRID
1951

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Industrias Gráficas Magerit, S. A. - Bravo Murillo, 122. - Teléfono 33 44 29. - MADRID

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

GRUPO VII

TRANSPORTES

SECCIÓN 1ª

ACTAS DE LAS SESIONES Y TRABAJOS

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

SECCIÓN 1.ª

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA
(28 de mayo a 3 de Junio de 1950)

ACTA DE LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 29 DE MAYO DE 1950

Se abre la sesión a las diez y media de dicho día, y bajo la presidencia de D. Pedro Benito Barrachina, Ingeniero de Caminos. Se constituye la mesa con la asistencia de los Sres. don Francisco Martín Gromaz, Ingeniero Naval, y D. José Luis Escario y Núñez del Pino, Ingeniero de Caminos, como Vicepresidentes; D. Vicente Olmo Ibáñez y D. Francisco Vives, Ingenieros de Caminos, como Secretarios. Se encuentra, asimismo, en la Presidencia, el Excmo. Sr. D. Angel Rivas Suardíaz, Ingeniero Naval, Ponente General del tema: "Transportes".

El Presidente concede la palabra al Sr. Villanueva Núñez, quien da un extracto del siguiente trabajo núm. 33 y de sus conclusiones.

N.º 33. - Ensayos con tipos modernos de anclas

Autor: D. ANTONIO VILLANUEVA NÚÑEZ
Ingeniero Naval

1.—INTRODUCCIÓN.

A pesar de la importancia capital de este elemento del equipo marinero, al que una gran parte del tiempo está encomendada la seguridad del buque, que es tanto como decir la de millones de vidas humanas y costosísimas construcciones, los ensayos llevados a cabo para progresar en su proyecto son tan contados, que su número total hace patente un señalado desprecio de la técnica naval hacia tal elemento.

Mas como todo tiene o puede tener un motivo que lo justifique, estimamos como causa de este estado de cosas, primeramente, el magnífico rendimiento de las anclas con cepo, tipo «Almirantazgo», tal como fueron proyectadas hace centenas de años, y sólo abandonadas más tarde en los buques grandes por sus dificultades de estiba (*), y en segundo, pero importante lugar, en que los ingenieros y técnicos navales han renunciado en su mayor parte a investigar metódicamente sobre los medios de fondeo, por considerarlo más propio de los hombres de mar, los cuales, no obstante su magnífica intuición y sentido de la realidad, han efectuado siempre ensayos en los cuales se hacía patente la falta de los datos cuantitativos imprescindibles para avanzar en este asunto.

(*) De forma casi desesperante, los nuevos modelos de anclas han quedado durante muchos años muy por debajo de las citadas anclas, en cuanto a su fuerza de agarre por unidad de peso.

Entre los trabajos más cuidadosos dedicados al estudio de nuevos tipos de anclas podemos citar los efectuados por Leahy y Farrín (1), en el año 1935, y presentados a la Sociedad de Ingenieros Navales de Nueva York, y los llevados a cabo por el comandante Lucking, de la R. A. F., y leídos en el año 1936 ante el Instituto de Ingenieros Navales de Londres (2), los cuales llegan a conclusiones muy interesantes, porque el método y la calidad de sus ensayos se aparta mucho, indudablemente, de aquellos burdos experimentos de los que los precedieron en este afán, y cuya precisión alcanzaba, a lo sumo, al fondeo de anclas desde la proa de un remolcador y la medición de las revoluciones de ciado en que se alcanzaba el garreo.

Todo ello explica el porqué, después de dos mil años de uso del ancla, ésta sigue eligiéndose oficialmente por su peso, sin considerarse por parte de los reglamentos de construcción de buques que su rendimiento, es decir, la relación de su fuerza de agarre a su peso, puede depender en mucho de su forma específica.

2.—NECESIDAD DE PROGRESAR EN EL PROYECTO DE ANCLAS.

El buque grande no es de esperar que contribuya mucho en el futuro al progreso del ancla, pues, desde que se resolvieron, con el tipo «Hall» y similares, las dificultades que se presentaban en la estiba y maniobra de este elemento dejó de ser de im-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

portancia fundamental el ahorro de una parte de su peso, que es, a su vez, una modesta fracción del peso de la cadena necesaria (*).

Muy distinto es el caso de una embarcación ligera, una lancha rápida o un hidroavión, pues en todos ellos, muy en especial en los últimos, conviene lograr un tipo de ancla de fácil maniobra y del máximo rendimiento, para aplicar la economía en peso conseguida en el aumento de la potencia del motor, del radio de acción o de cualquier otra característica interesante de la embarcación, sin contar con que, además, la mayor parte de las veces debe ser manejada mediante potencia manual.

No queremos decir con todo ello que el buque de gran porte no se beneficie automáticamente en su día de los resultados que se deduzcan de los ensayos desarrollados con otros fines, sino que así será, probablemente.

3.—CUALIDADES QUE DEBEN CONSIDERARSE

Las cualidades más interesantes que hay que considerar para justipreciar el valor de un nuevo tipo de ancla son:

1.º El rendimiento en toda clase de fondos.
2.º La facilidad de maniobra y estiba.
3.º La facilidad de hacer presa.
4.º Una buena resistencia mecánica.
5.º Que no exista el peligro de encepado.

Por *rendimiento de un tipo de ancla* se entiende la relación de su fuerza de agarre a su peso, relación que depende, para cada tipo, no sólo de la clase de fondo, sino también, fundamentalmente, de la pendiente del cable o cadena.

Debe, además, considerarse lo que pudiéramos llamar *estabilidad del ancla*, pues algunos tipos de anclas mantienen su fuerza total de agarre cuando la tracción que se efectúa sobre su cadena las hace garrear, mientras que en otros dicha fuerza decae verticalmente cuando llega aquel momento o varía de forma periódica con las posturas sucesivas que adoptan el ancla y la cadena.

Respecto a la *facilidad de maniobra y estiba*, sólo diremos que tales cualidades fueron el motivo por el cual se abandonaron las anclas con cepo del tipo «Almirantazgo», en la mayor parte de los buques, y se substituyeron por anclas con brazos articulados, que, aunque de menor rendimiento, por estibarse con facilidad en los escobenes, hacen muy cómoda la maniobra e innecesarios los pescantes de gata.

4.—TIPOS MODERNOS.

Como ya hemos apuntado, el número de trabajos publicados en las revistas técnicas de todas las naciones, referentes a anclas, se puede contar con los dedos de las manos, pero, sin embargo, han hecho aparición durante los últimos años tipos muy variados y esencialmente heterodoxos, cubiertos por patentes extranjeras, como resultado quizá de experimentos particulares que no han salido a la luz pública. Dichos tipos, de los que vamos a mostrar algunas fotografías, los anuncian sus fabricantes como poseedores de una potencia de agarre notablemente superior a los tipos «Hall» y «Almirantazgo»; mejora conseguida, a nuestro juicio, por uno de los dos caminos siguientes:

1.º Aumentando el área de las uñas, sin aumento del peso total del ancla.

2.º Estudiando la forma en que las uñas se entierren mucho más profundamente.

En la fotografía núm. 1 se aprecia el ancla *COR, proyectada por el profesor Taylor*, la cual, según los experimentos efectuados en Felixstowe, tiene un rendimiento en fondos duros aproximadamente doble de un ancla con cepo corriente, y da resultados igualmente buenos en fondos de fango, aunque no tan regulares.

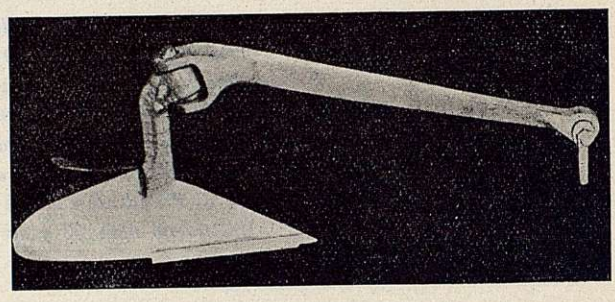


Foto núm. 1

Este tipo de ancla está libre, evidentemente, para penetrar profundamente en el fondo, puesto que no se lo estorba ningún apéndice, ni órgano estabilizador. Su uña, de forma de reja de arado, gira alrededor del perno que la une a la caña ante cualquier obstrucción con que tropiece su pico, de manera que puede decirse que serpentea por entre los obstáculos del fondo y se entierra siempre profundamente. Por su forma, se comprende que no presente peligro de encepado, y también es fácil de levar. En los tamaños pequeños es fácil de estibar a bordo, por lo que ha alcanzado bastante difusión en yates y embarcaciones pequeñas y se ha utilizado con este fin en el desembarco de Normandía.

En la fotografía núm. 2 se aprecia la forma tan especial del *an-*

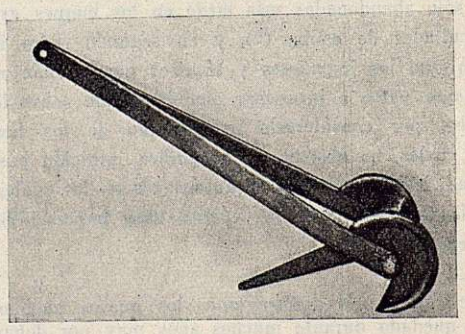


Foto núm. 2

(*) La relación entre el peso del ancla y la de la cadena es del orden de 1/6, en buques grandes.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

cla proyectada por E. Duerr y ensayada también en los establecimientos de Felixstowe, del Ministerio del Aire británico. Esta ancla está provista de una sola uña, y por su forma, recuerda a un arado. Puede substituir con ventaja, según los experimentos del establecimiento citado, a las anclas con cepo de peso doble. Como parece ser que se entierra con facilidad hasta el perno del arganeo, su caña en V no representa un obstáculo especial que pueda enredarse en el cable. Su extracción del fon-

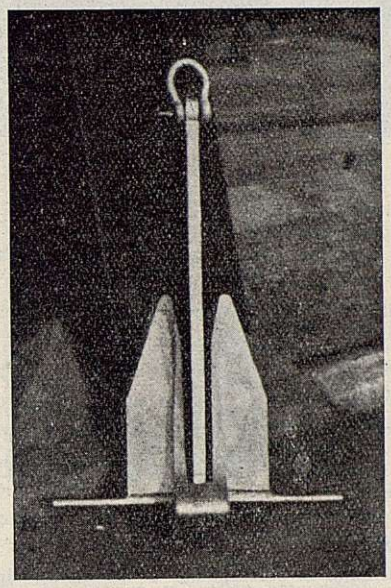


Foto núm. 3



Foto núm. 4

do se hace con facilidad, y los tipos pequeños se estiban cómodamente a bordo, por lo que son empleadas desde hace algunos años en balandros y en otras embarcaciones menores.

En las fotografías núms. 3 y 4 se muestran dos nuevas patentes; la denominada *Danforth* y la designada por *Nourse*, cuyas uñas, aunque dispuestas de distinta manera, son de formas casi idénticas.

La patente Nourse está provista de una caña que se abre en forma de V y presenta el inconveniente, lo mismo que la Cqr de Taylor y la Duerr, de que su aplicación a los buques requiere la necesidad de reformar el tipo clásico de escobén. La Danforth tiene, por el contrario, la innegable ventaja de poderse estibar en los escobenes actuales. Atrajo poderosamente la atención del autor el verla instalada por primera vez en algunos de los grandes buques de desembarco que combatieron en Normandía (foto núm. 5).

Desde que tuvo lugar el histórico desembarco, hemos estado atentos a la aparición en las revistas técnicas de los ensayos experimentales llevados a cabo por Richard S. Danforth, proyectista del ancla que lleva su nombre y que, en el año 1945, leyó un interesante trabajo en la Sociedad de Ingenieros Navales de San Francisco, titulado «Cables y su efecto sobre el trabajo de las anclas», como consecuencia de interesantísimos

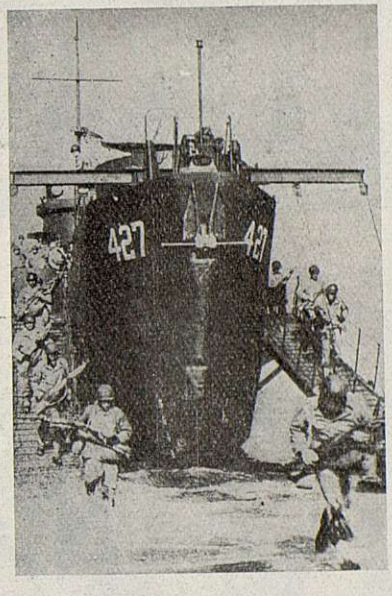


Foto núm. 5

experimentos efectuados. Como a pesar del tiempo transcurrido no hemos visto publicados los ensayos detallados del ancla tipo Danforth, aunque su propaganda en las revistas deportivas de mar ha sido muy intensa, optamos por hacer una serie de ensayos metódicos en distintas clases de fondos, con objeto de comparar la orientación que marcaba esta nueva patente Danforth, para nosotros, la más interesante entre todas las consideradas, con los tipos usuales de anclas y alcanzar un criterio profesional sobre esta cuestión, al margen de toda propaganda interesada.

Debemos consignar aquí que, desde el primer momento, encontramos el máximo apoyo por parte del director de la Empresa Nacional «Bazán», don Luis de Vial y Diestro, uno de los balandristas más entusiastas de España, quien nos facilitó los medios necesarios para la ejecución de los ensayos que describimos a continuación.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

5.—ANCLAS ENSAYADAS POR EL AUTOR (*).

El número de anclas que se construyeron especialmente para llevar a cabo estos ensayos fué el de 17. Puede apreciarse su conjunto en la fotografía núm. 6. Dicho número total se distribuía de la manera siguiente:

Tipo Hall	3	(acero)
» Cartagena	6	(3 de acero y 3 de aluminio)
» Seta	3	(acero)
» Danforth	3	(acero)
Tipos similares a la Danforth ...	2	(acero)

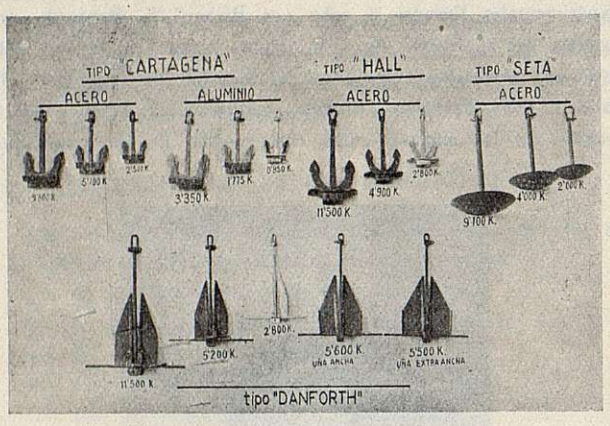


Foto núm. 6

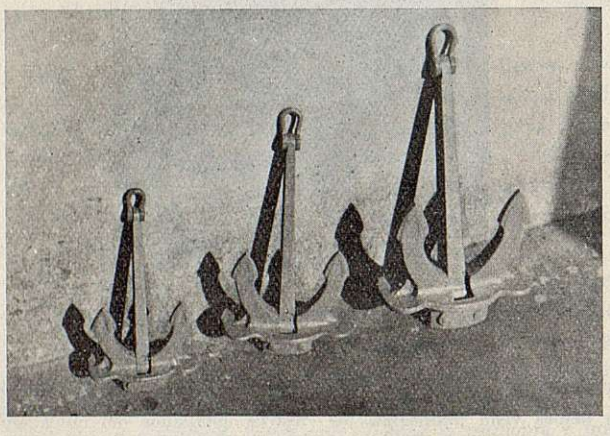


Foto núm. 7

La idea que presidió en esta distribución fué la de hacer tres anclas de cada uno de los cuatro tipos primeramente relacionados, que tuvieran 2,5, 5 y 10 kgs. de peso, pero, a causa de los errores de ejecución material, los modelos resultaron del peso señalado en la foto núm. 6, que se separa ligeramente de dichas cifras. Se elaboraron, además, tres anclas tipo «Cartagena», de aluminio, de las mismas dimensiones que las de acero, y dos anclas que hemos denominado similares a la Danforth, porque su aspecto es el mismo que el de la citada patente, pero el área de sus uñas ha sido aumentado en mayor proporción.

(*) Estos ensayos fueron efectuados en Cartagena en los meses de diciembre de 1948 y enero de 1950.

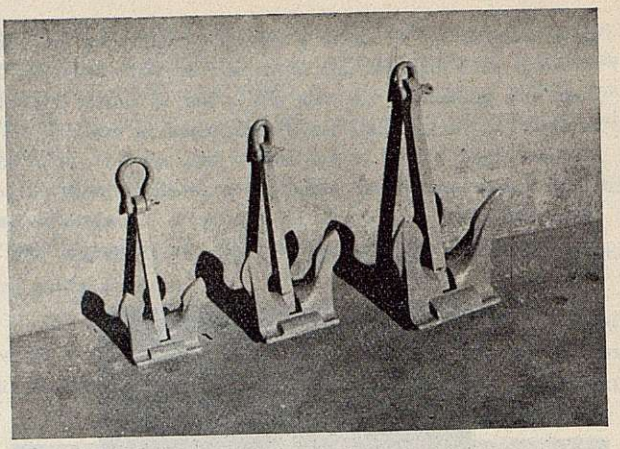


Foto núm. 8

En la fotografía núm. 7 se aprecia en detalle el grupo de anclas Hall ensayado y en la núm. 8 el grupo Cartagena de acero. Debe señalarse que este último nombre, ya bastante extendido, fué dado por el autor a un tipo muy interesante de ancla proyectado por el eminente ingeniero naval y profesor de nuestra Escuela Especial don Rafael Crespo, para substituir a la patente Hall y que ha dado espléndidos resultados en muchos de nuestros barcos de guerra, tales como dragaminas y guardacostas (véase fig. núm. 16).

La «foto» núm. 9 corresponde a las anclas tipo Seta y en la núm. 10 se aprecia en detalle un ancla Danforth de 30 kilogramos, cuya construcción fué muy fácil de llevar a cabo mediante soldadura.

6.—FORMA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS

Se emplearon dos modalidades muy distintas en el ensayo de los tipos de anclas relacionados anteriormente, a saber:

1.ª Utilizando un tanque de cuatro metros de longitud relleno de arena hasta medio metro de altura y con agua hasta su borde (fig. núm. 1).

2.ª Ejecutando pruebas reales de fondeo en fondos de arena y de fango.

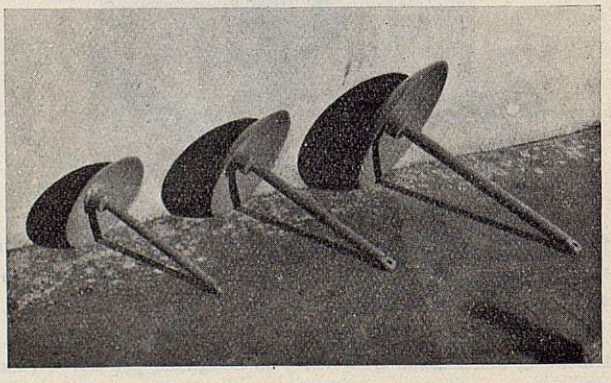


Foto núm. 9

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Hemos dado siempre prioridad a los ensayos de fondeos reales, no obstante ser sus resultados, en general, más dispersos que los del tanque, pues como este último no tiene el suficiente desarrollo para que las anclas se llegasen a enterrar

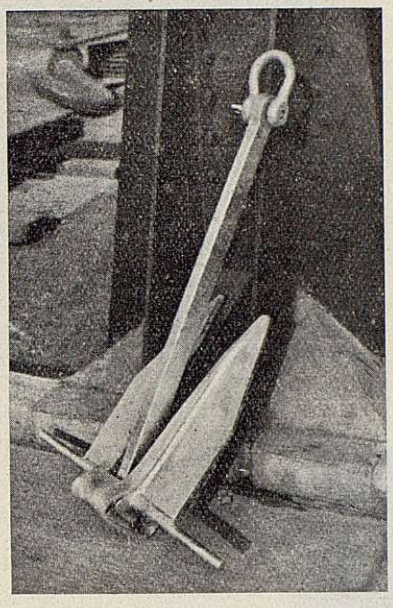


Foto núm. 10

por sí mismos, era preciso colocarlas previamente en posición, cosa un poco artificiosa y que impedía la observación de una de las cualidades más interesantes de estos elementos, como es la facilidad de hacer presa. Además, es indudable que la pre-

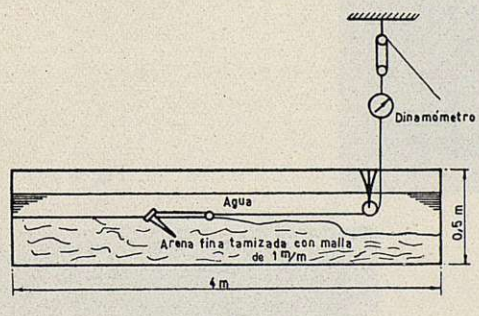


Fig. 1

sión del agua afecta a la consistencia del suelo y que, por consiguiente, la profundidad influye en el comportamiento del ancla.

El tanque nos fué, sin embargo, de mucha utilidad en la determinación del ángulo de presa óptimo para el tipo Danforth, del que no teníamos en un principio ninguna información, pues disponiendo en la cruz de las dos anclas de 2,5 y 5 kgs. topes atornillados, para variar dicho ángulo, se obtuvieron las curvas de la fig. núm. 2, de las que se deduce un valor óptimo de unos 38° (*). No obstante, por haber podido examinar con posterioridad un ancla fabricada con la patente Danforth, fijamos todas las nuestras de este tipo en el ángulo de 30°, que en aquélla comprobamos.

Para las pruebas de mar se eligieron los emplazamientos de Cala Cortina, con un banco de arena suficientemente regular y extenso y El Espalmador, con fondo de fango (el primero, en la boca de la bahía de Cartagena, y el segundo, dentro de la misma), se efectuaron trece salidas a la mar, con permanencia en el fondeadero de unas cuatro horas cada una y se utilizaron en estas faenas una lancha de vapor con máquina de 80 C. V. I. (**) y un bote de remos.

Según el tamaño y cualidades del modelo ensayado, el fondeo se hacía desde el bote de remos o desde la lancha, la cual por tener, como decimos, máquina de vapor, nos permitía ejercer toda la gama de tracciones deseadas y su aplicación paulatina mediante la abertura lenta de su válvula de cuello.

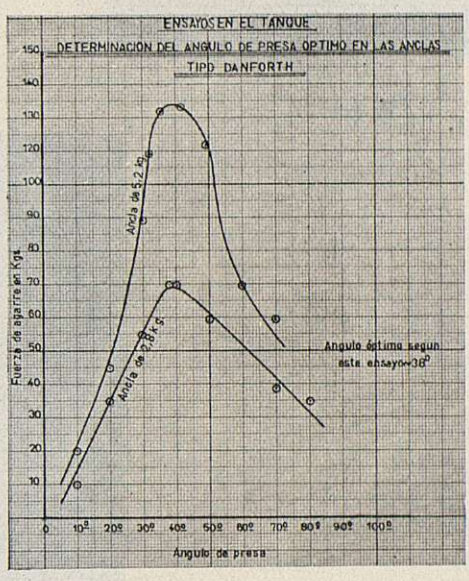


Fig. 2

Se emplearon tres tamaños de dinamómetros, para que los mismos tuvieran la sensibilidad adecuada a cada caso y se dispusieron en un soporte inclinado instalado en la popa de las embarcaciones (fig. núm. 3) y cuyo objeto era que el citado aparato leyese directamente la tracción T, que en lo sucesivo denominaremos fuerza de agarre del ancla.

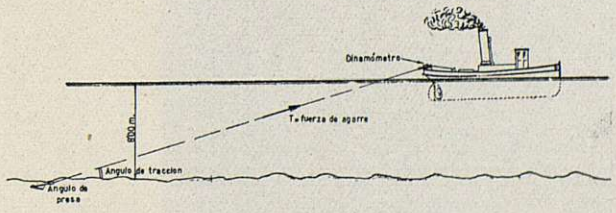


Fig. 3

Se decidió utilizar estachas de cáñamo, en lugar de cadenas o cables, para que el peso de estos elementos no influyese en

(*) El ángulo correspondiente de las anclas tipo Hall es de 42° 30'.

(**) Lancha denominada «Victoria».

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

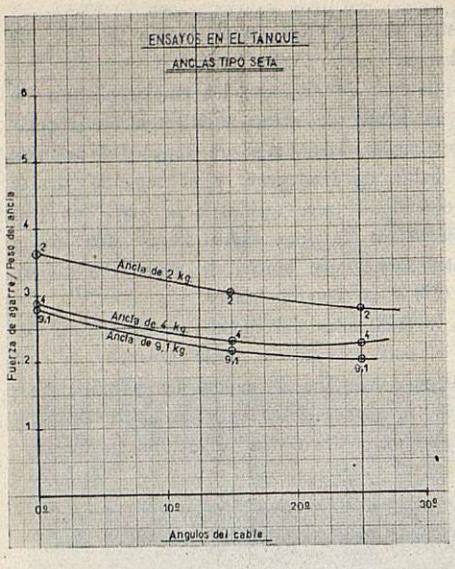


Fig. 4

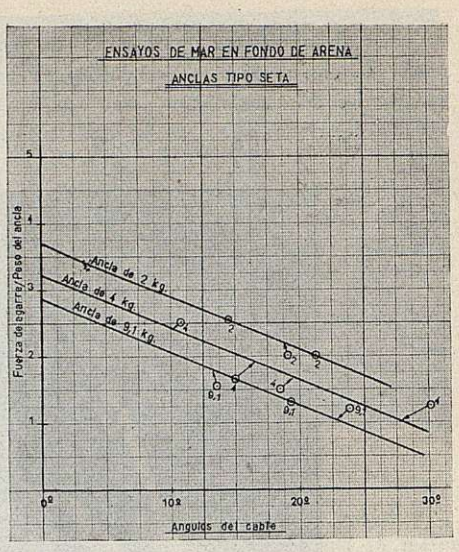


Fig. 5

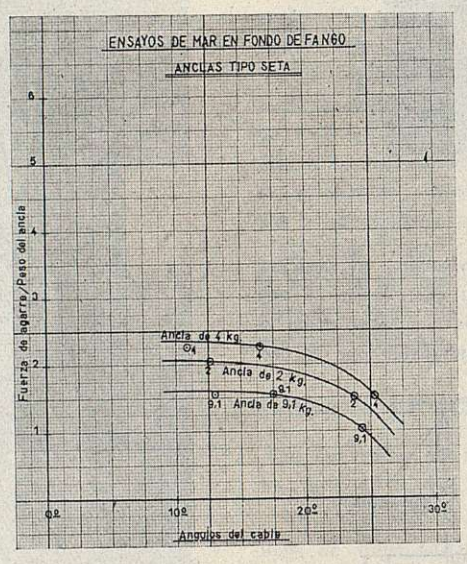
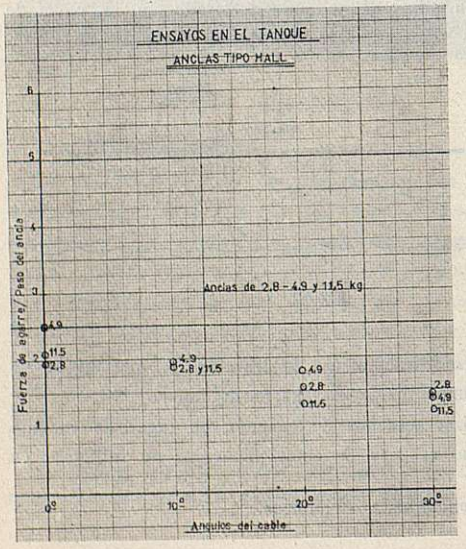
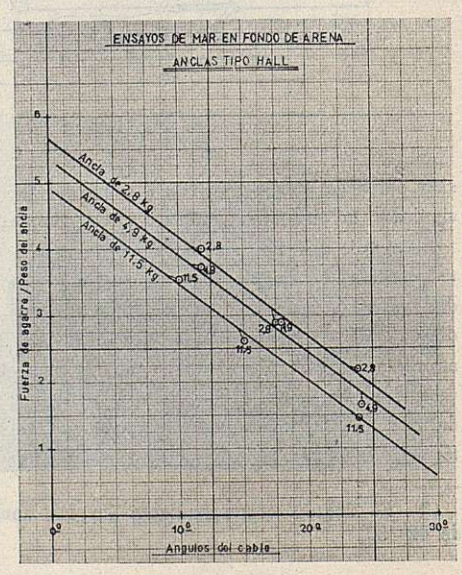


Fig. 6

Fig. 7

Fig. 8





FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

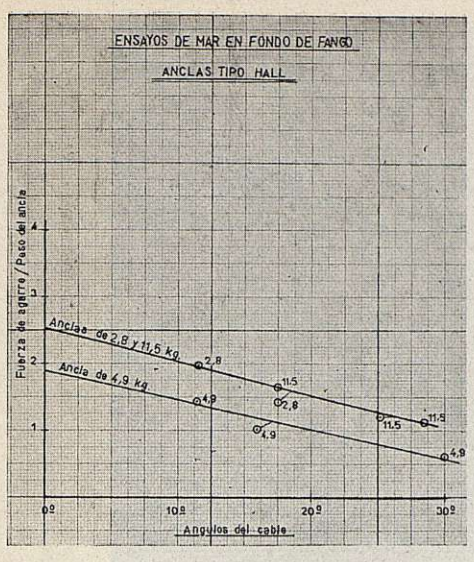


Fig. 9

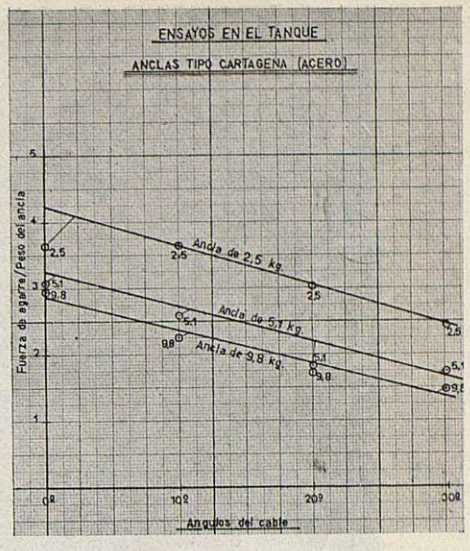


Fig. 10

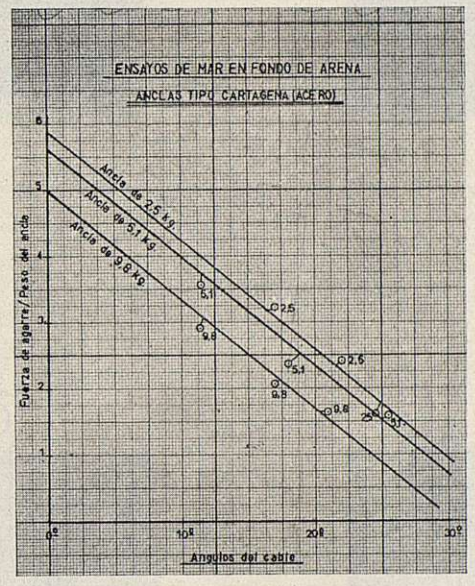


Fig 11

Fig. 12

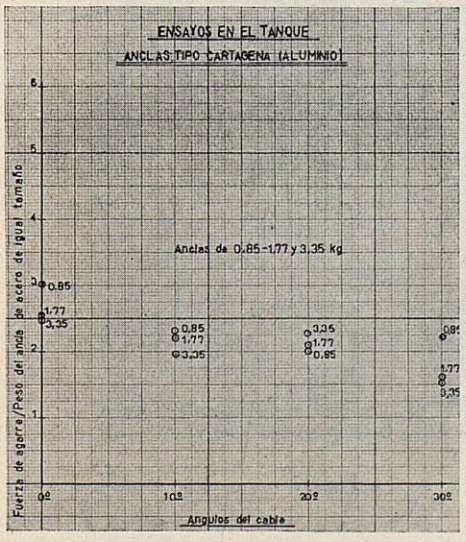
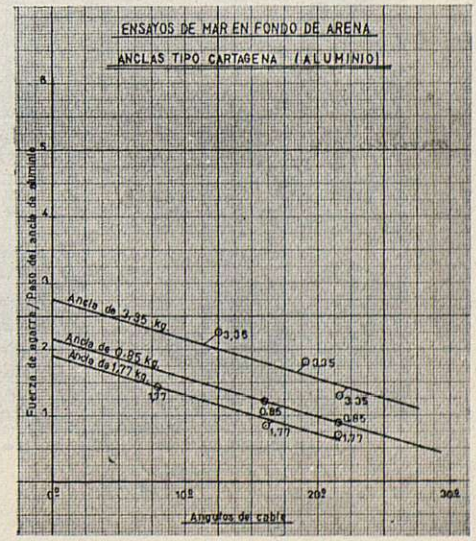


Fig. 13



FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

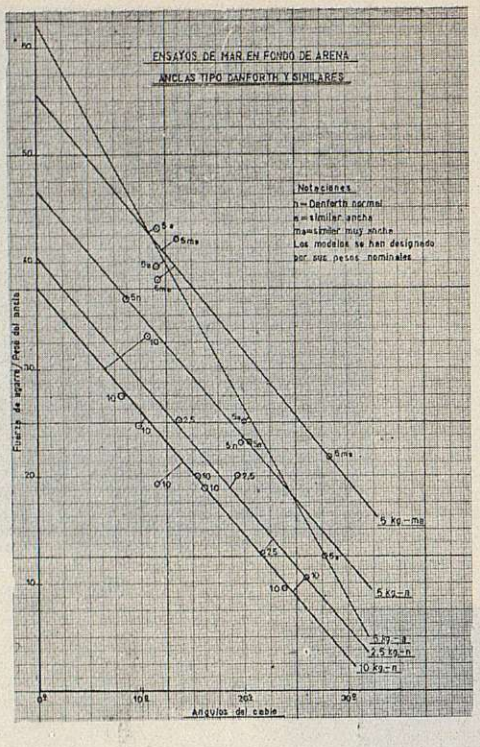


Fig. 14

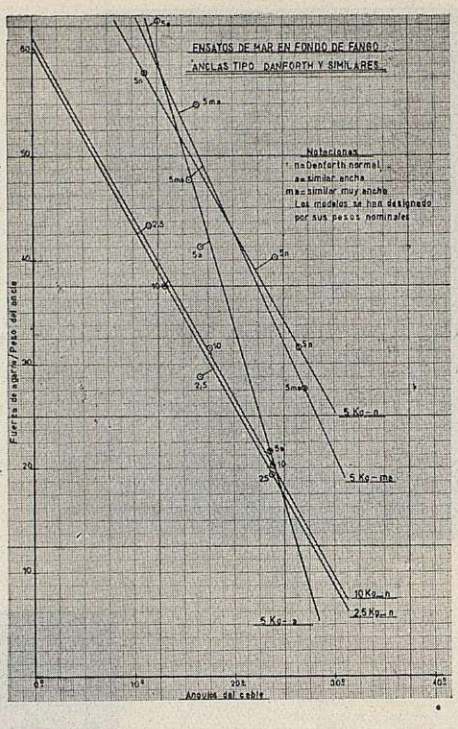


Fig. 15

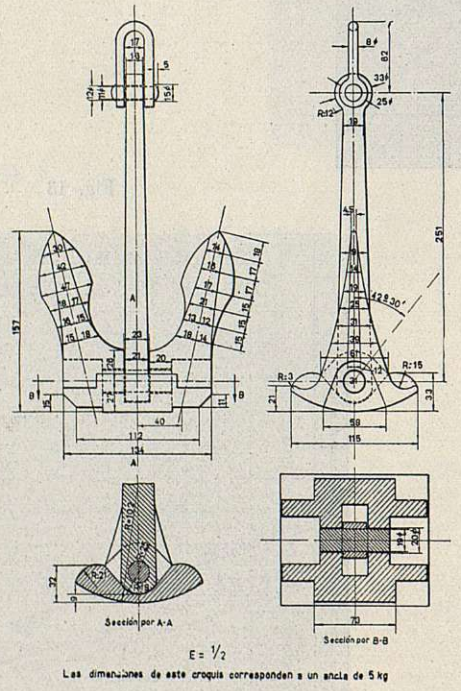


Fig. 16

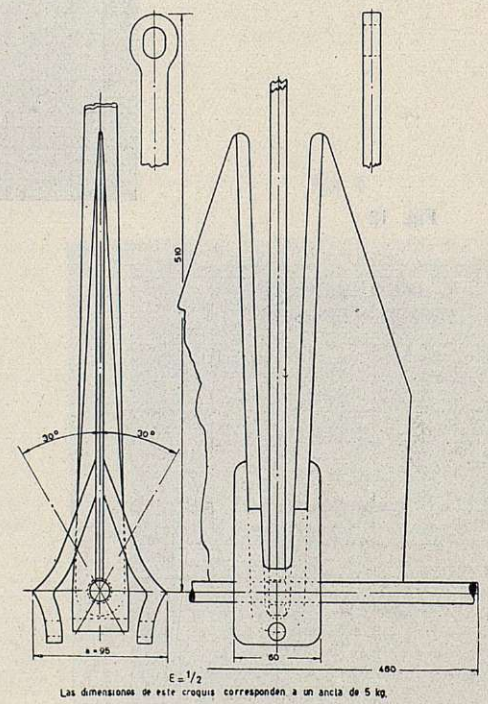


Fig. 17

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

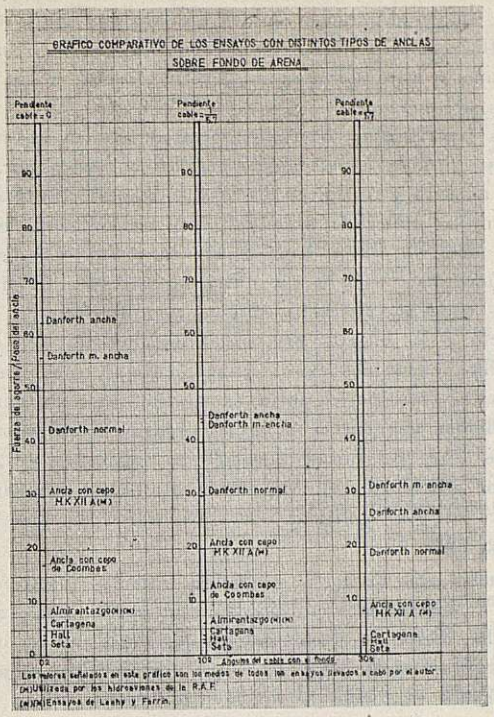


Fig. 18

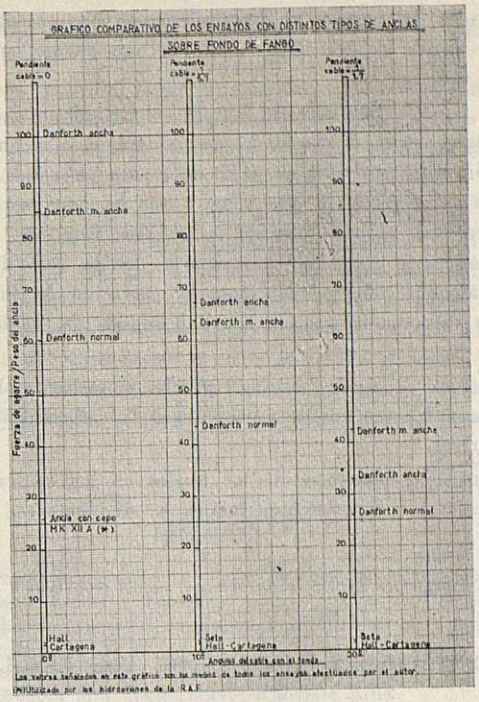


Fig. 19

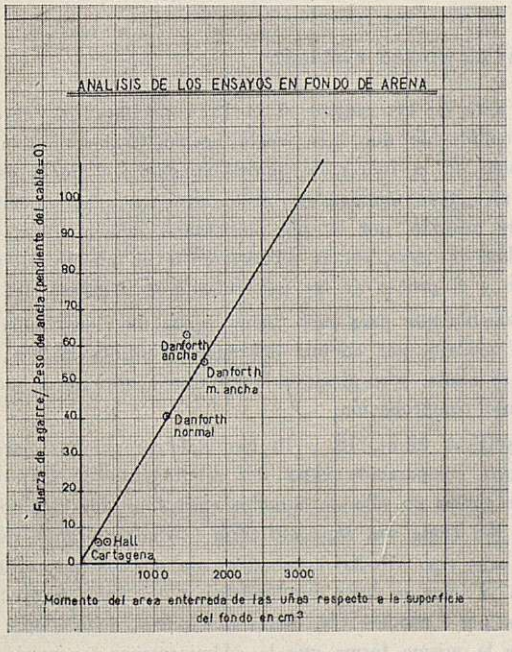


Fig. 20

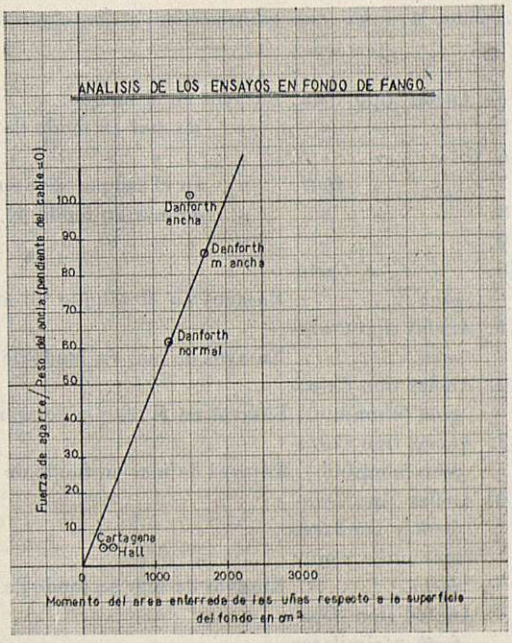


Fig. 21

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

los resultados del ensayo, ni desmintiese con una catenaria exagerada el ángulo de tracción medido necesariamente en la borda de la embarcación.

En los fondeos normales se fila una longitud de cadena de tres a cuatro veces el fondo, lo que corresponde a un ángulo de tracción entre los 14° 30′ y 19° 30′, pero en malos tiempos se llega a ocho veces, lo que viene a ser un poco más de 7°. En nuestro caso se multiplicaron los fondeos con toda clase de ángulos prácticos, hasta obtener con la debida garantía, y no obstante algunos valores dispersos, la curva de la fuerza de agarre de cada ancla en función del ángulo del cable en el fondo.

Como fuerza de agarre de cada prueba entendíamos la máxima lectura del dinamómetro antes de que la embarcación empezase a garrear.

Las densidades aparentes de los fondos en los cuales se llevaron a cabo los experimentos fueron las siguientes:

Arena ... ... = 1,92
Fango ... ... = 1,48

7.—PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La forma más conveniente de presentar los resultados de los ensayos estriba en utilizar un sistema de coordenadas cartesianas, en cuyo eje de abscisas se llevan los ángulos del cable con el fondo y cuyas ordenadas representan la relación $\frac{\text{fuerza de agarre}}{\text{peso del ancla}}$ correspondiente; pues si el factor de escala no influyese tendríamos una sola curva para cada tipo de anclas, la cual caracterizaría definitivamente dicho tipo.

Esta forma de presentación es la que, por parecernos más racional, hemos empleado en la construcción de los gráficos de las figs. núms. 4 a 15, que corresponden a los siguientes ensayos:

Fig. n.° 4. Anclas tipo *Seta*. Ensayos en el tanque.
» » 5. » » » . » de mar en fondo de arena.
» » 6. » » » . » » » » » » » fango.
» » 7. » » *Hall*. » en el tanque de arena.
» » 8. » » » . » de mar en fondo de arena.
» » 9. » » » . » » » » » » » fango.
» » 10. » » *Cartagena*..... Ensayos en el tanque de arena.
» » 11. Anclas tipo *Cartagena*..... Ensayos de mar en fondo de arena.
» » 12. Anclas tipo *Cartagena* (aluminio). Ensayos en el tanque de arena.
» » 13. Anclas tipo *Cartagena* (aluminio). Ensayos de mar en fondo de arena.
» » 14. Anclas tipo *Danforth* y similares más ancha y muy ancha..... Ensayos de mar en fondo de arena.
» » 15. Anclas tipo *Danforth* y similares más ancha y muy ancha..... Ensayos de mar en fondo de fango.

De la simple observación de los gráficos anteriores resalta la gran influencia del «factor de escala», es decir, la influencia del tamaño relativo de cada ancla con respecto a las particularidades del fondo.

En los experimentos con el *tipo Seta* concuerdan bastante bien los ensayos hechos en el tanque con los efectuados en la mar (figuras núms. 4 y 5). En el *tipo Hall*, aunque los resultados son de un mismo orden de magnitud, esta concordancia no existe (figuras núms. 7 y 8) e igual ocurre en el *tipo Cartagena* (figuras núms. 10 y 11), lo que quizá sea debido a la diferencia entre las técnicas empleadas en unos y otros ensayos.

Respecto a los ensayos con anclas de aluminio *tipo Cartagena*, aquéllos efectuados en el tanque, en que, como ya hemos apuntado, se colocaba el ancla en posición con las uñas enterradas, dieron una fuerza de agarre sensiblemente igual a las anclas de acero del mismo tamaño (figs. núms. 10 y 12), pero en la mar disminuyó enormemente su rendimiento, sin duda por no poseer el peso suficiente para enterrar completamente sus uñas (fig. núm. 13).

Las anclas *tipo Danforth* y aquellas variantes construídas por el autor y denominadas provisionalmente por Danforth ancha y muy ancha, dieron los resultados sorprendentes que se observan en los gráficos núms. 14 y 15 y que corresponden a los ensayos efectuados en fondos de arena y de fango.

Debemos señalar, como una de las incidencias más destacadas de los ensayos, que en un principio, y por falta de otra información de las anclas Danforth que aquella deducida de sus fotografías, construimos los resaltes de la cruz del ancla de cinco kilogramos con una cota a = 75 mm. (fig. 17), y encontramos que la citada ancla hacía presa con mucha dificultad, hasta que fué aumentada a 95 mm., y desde ese momento se logró hacer presa después de muy cortos recorridos.

Estas anclas tienen como inconveniente el que en fondos fangosos se entierran tan profundamente, que en ocasiones es costoso hacerla zarpar, aún tratándose de modelos pequeños.

8.—*CONCLUSIONES FINALES*

A la vista de los gráficos 4 al 15, se deduce que el criterio tan extendido de que, «en anclas geométricamente semejantes la relación de la fuerza de agarre al peso del ancla es constante», no puede tomarse en forma absoluta, pues el fenómeno está muy influído, por lo que pudiéramos denominar el «factor de escala», es decir, por la relación entre el tamaño del modelo ensayado y el grueso de las partículas o la densidad del fondo.

Es probable que para cada fondo exista un cierto tamaño crítico del modelo, por encima del cual la influencia del «factor escala» se anula, pero al autor le faltaron medios para hacer tan interesante comprobación.

Los gráficos núms. 18 y 19 han sido preparados para establecer una comparación clara del rendimiento de los distintos tipos de anclas no sólo de aquellos ensayados por el autor, sino también del ancla con cepo ordinaria («Almirantazgo»), de aquella con cepo tipo MK-XIIA, tan utilizada por los hidroaviones de la R. A. F. por su buen rendimiento y del ancla proyectada y ensayada por Coombes (4), de la que puede decirse que es un ancla de la misma forma que la «Almirantazgo», pero de mayor esbeltez. Los citados gráficos hacen destacar de manera muy ma-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

nifiesta el magnífico rendimiento del ancla Danforth y de aquellas variantes suyas construídas por el autor y designadas con los nombres de Danforth ancha y muy ancha.

Parece, pues, indudable la *necesidad de reformar algunos artículos de los Reglamentos modernos de Construcción de Buques*, en los que figuran párrafos como éste:

«Cuando se usen anclas sin cepo los pesos dados por las tablas deben aumentarse en un 25 %", ya que realmente existen anclas de muchísimo mejor rendimiento que aquellas con cepo.

Considerando los ensayos efectuados con las anclas de aluminio, así como los gráficos núms. 18 y 19, puede concluirse que *la fuerza de agarre de un ancla depende enormemente de su forma y dimensiones lineales y muy poco de su densidad o peso*, siempre que éste sea lo suficiente para que, con su presión, logre enterrar inicialmente las uñas; debe confiarse en su forma el conseguir penetración más profunda, por lo que párrafos como el anteriormente citado del Reglamento del Bureau Veritas sólo pueden estar apoyados en la desconfianza de la robustez mecánica de los nuevos tipos de anclas.

No es necesario destacar la influencia que tiene siempre la pendiente de la cadena sobre la fuerza de adherencia del ancla, por ser cosa harto conocida, pero en el análisis de los gráficos números 4 al 15 se aprecia que esta influencia es bastante mayor en el tipo Danfort que en los otros tipos. En un fondeo normal, en el que se fila una longitud de cadena igual a tres o cuatro veces la profundidad (ángulo del cable con el fondo entre 19° 30′ y 14° 30′), el *rendimiento de un ancla Danforth sobre fondo de arena es unas diez veces superior al de la Hall y en fondo fangoso unas veintidós veces el de aquélla.*

Buscando la causa de la mejora de rendimiento de los nuevos tipos de anclas, hemos dividido los resultados medios obtenidos con cada tipo por el momento del área enterrada de las uñas con respecto a la superficie del fondo, tal como hizo Howard en las investigaciones llevadas a cabo en el Instituto de Tecnología de Massachussetts en el año 1933, y hemos deducido los gráficos de las figs. 20 y 21, que expresar *una cierta proporcionalidad entre la fuerza de agarre y el citado momento.*

Mayo, 1950.

BIBLIOGRAFÍA

(1) «Determination de la tenue des ancres d'aprés des essais de modeles».—Leahy y Farrin.

(2) «The experimental development of anchors for seaplanes».—D. F. Lucking, R. A. F.

(3) «Cables and their effect on Anchor loads».—R. S. Danforth.

(4) «Anchors and anchoring».—Ridsdale Ellis.

Abierta la discusión sobre las conclusiones de este trabajo, no se ofrecen reparos a las mismas, por lo que la Presidencia concede la palabra al autor del siguiente trabajo núm. 234, D. Antonio Arévalo, quien expone su resumen y cuyo trabajo se inserta íntegro a continuación:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 234. - Aleaciones ligeras en construcción naval

Autor: D. ANTONIO ARÉVALO PELLUZ
Ingeniero Naval

1.—INTRODUCCIÓN

Se observa una tendencia general en todas las industrias a producir artículos de la mejor calidad a los precios más bajos posibles. Esta tendencia se ve reforzada por la escasez de productos, por la competencia, por la elevación de precios de las materias primas y por la subida de los jornales; todo lo cual obliga a construir elementos de la más alta calidad, cuya utilización y explotación económica conduzca a rendimientos óptimos que sirvan de compensación a la penuria de productos y que justifiquen las elevadas inversiones necesarias para su adquisición.

Esto es aplicable especialmente a la industria naval: la reducción del tonelaje mundial de buques, el progreso de la técnica, las crecientes y nuevas exigencias en los servicios a bordo, unidos al alza del coste de construcción, son los factores que más influyen sobre los programas de nuevas construcciones navales de esta postguerra.

La compensación económica ante el aumento de los costes derivados de la subida de precios de los materiales y del incremento de los jornales, así como de la mejora de las instalaciones, sólo puede conseguirse por la elevación del rendimiento de los buques, y, para conseguir esto, la única solución aceptable es la reducción de los pesos no productivos.

Los progresos realizados en este camino desde la primera guerra mundial han sido notables, y ha contribuído especialmente a ello la introducción y adopción de nuevos sistemas constructivos, el empleo de aceros de alta resistencia, la utilización de la soldadura en la construcción del casco y elementos de la maquinaria, la fabricación de máquinas propulsoras ligeras y extraligeras y la reducción de los consumos específicos de combustible por el mejoramiento del proyecto de la maquinaria.

Constituye, sin duda, una prometedora vía de avance en este sentido, la utilización de materiales ligeros, en especial las aleaciones de aluminio en la construcción del casco. de la maquinaria y de gran número de accesorios. La continua aparición de publicaciones tratando este tema en las revistas técnicas de todo el mundo, demuestra claramente el gran interés que este problema despierta en la actualidad en los países de técnica naval avanzada. La inclusión en los últimos reglamentos de las Sociedades de Clasificación de normas preliminares para la aplicación de las aleaciones ligeras en la construcción naval, significa la introducción definitiva de estos materiales en la construcción del casco de los buques.

Por estas razones creemos de interés dar a conocer, de la forma más completa posible, dentro de la obligada limitación de tiempo y espacio en una Memoria de esta naturaleza, el estado actual de este problema, concretándolo particularmente a la estructura del casco, por su mayor importancia y por ser la cuestión que se debate en el momento presente.

2.—ALEACIONES LIGERAS

Entre los metales de peso específico reducido sólo el aluminio y el magnesio poseen propiedades de valor para la técnica; pero el último sólo interesa, en la actualidad, como metal de adición para constituir diversas aleaciones, a causa de sus pobres cualidades mecánicas y físicas, de suerte que, por el presente, únicamente el aluminio reúne características adecuadas para su empleo en construcción naval, tanto en estado puro como formando aleaciones varias. La aportación de determinados metales para constituir las diversas aleaciones del aluminio mejora de manera notable sus características mecánicas, permite su utilización como material de construcción resistente, y puede substituir con ventaja, en muchos casos, al acero.

La obtención industrial del aluminio se hace, en general, por electrólisis de la alúmina, Al_2O_3, que se obtiene del mineral bauxita por refinamiento químico. Puede obtenerse con un grado de pureza del 99, 996 %, aunque, industrialmente, se usa el aluminio con pureza de 99,5 — 99,7 %.

El Al puro no tiene resistencia mecánica elevada, pues su carga de rotura es 10 kg mm^2, pero tiene buen alargamiento y una gran resistencia a la corrosión, junto con una alta conductividad eléctrica (1). Por esta razón su empleo está indicado en multitud de aplicaciones en las que el ahorro de peso es fundamental y no se precisa resistencia mecánica y en toda clase de instalaciones eléctricas.

Por la adición de otros metales, en especial Cu, Si, Mn, Mg y Zn, se consiguen aleaciones de Al que, según las proporcio-

(1) A igualdad de peso, la conductividad eléctrica del aluminio es, aproximadamente, dos veces la del Cu. Resistividad eléctrica, 2,6548 microhm · cm.; conductividad, 38,16 $\frac{m}{\Omega\,mm}$.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

nes y el tratamiento, mejoran notablemente la resistencia, aunque el alargamiento y resistencia a la corrosión se empeoran.

Algunas de estas aleaciones, a causa de su estructura cristalina, admiten tratamiento térmico, que puede mejorar aún más sus características mecánicas. Estas son, principalmente, las aleaciones de Al con Cu y Mg, las cuales, además, pueden mejorarse sin tratamiento posterior, sólo por el envejecimiento natural.

Existe en el mercado una gran cantidad de aleaciones de aluminio y se ha desarrollado en los países productores una amplia variedad de tipos, cuya composición y características, unas veces coincidentes, son, en otros casos, dispares, debido, probablemente, a distintos criterios de concepción, a preferencias particulares o a prácticas tradicionales. Mientras no se desarrollaron los modernos métodos de obtención del Al por electrólisis, sus aplicaciones fueron muy limitadas; se alcanzó la plena madurez durante los últimos treinta años, y, muy especialmente, en la última decena. Figuró Alemania en primer término como el país que más atención prestó a estas aleaciones, a consecuencia, sin duda, de ser la nación descubridora del Al (2) y por su interés por nuevos materiales de valor industrial, tanto para las construcciones civiles como para las militares. Sin embargo, los progresos realizados por otras naciones en la industria del Al, principalmente en Estados Unidos y en Inglaterra, son tan importantes o mayores, hoy día, como los conseguidos en Alemania. En estos países y en los de una organización industrial fuerte existen sociedades especiales constituídas para dirigir, estimular y orientar la producción de aleaciones ligeras, de importancia semejante a la de sus Institutos del Hierro y del Acero, convencidos del elevado valor que en la industria moderna tienen los nuevos materiales ligeros. Aparte de las normas particulares de diversas Asociaciones de fabricantes, las organizaciones nacionales de normas han redactado las correspondientes a las aleaciones del aluminio, semejantes a las de los materiales pesados. Las más importantes y completas son las normas DIN y las de la ASTM (3), que serán las que utilizaremos en el curso de esta Memoria.

Las aleaciones de Al —tanto las funciones como los laminados— se clasifican, generalmente, en grupos, atendiendo al metal o metales de adición. Los laminados admiten otra clasificación según que sus características mecánicas sean obtenidas por trabajo en frío o por tratamiento térmico.

En los cuadros 1 y 2 que se insertan a continuación se indican los grupos de aleaciones de Al más importantes.

CUADRO 1.—Clasificación de las aleaciones de Al por grupos, según los componentes básicos (4).

1 Laminados:	2 Fundiciones:
Al - Cu - Mg	Al - Cu
Al - Cu - Ni	Al - Zn - Cu
Al - Cu	Al - Cu - Ni
Al - Mg - Si	Al - Si
Al - Mg	Al - Si - Cu
Al - Mg - Mn	Al - Si - Mg
Al - Si	Al - Mg
Al - Mn	Al - Mg - Si

(2) En 1827, por Federico WOEHLER.

(3) ASTM, American Society for Testing Materials.

(4) Detalles de las proporciones y características más importantes pueden verse en el Apéndice I, donde se reproduce la DIN 1713. Aleaciones de aluminio. Clasificación, y un resumen de las especificaciones de la ASTM, B 26-37 T, B 85-39 T, B 108-83 T, B 25-38 T, B 79-38 T, B 109-38 T, B 89-36 T y B 78-36 T. Aluminium alloys.

CUADRO 2.—Clasificación de las aleaciones de Al para laminados, según el tratamiento empleado.

1 Endurecidas en frío:	Al - Mg
	Al - Mg - Mn
	Al - Mn
2 Tratadas por calor:	Al - Cu - Mg
	Al - Cu - Ni
	Al - Cu
	Al - Si
	Al - Mg - Si

Según las especificaciones de la ASTM, las aleaciones de aluminio para fundiciones se clasifican por las formas de moldeo, bien sea éste de arena, en moldes permanentes o por inyección, de acuerdo con las normas B 26-37 T, B 108-38 T y B 85-39 T, respectivamente.

Las aleaciones fundamentales del primer grupo son las de Al - Cu y Al - Si con algunas adiciones para mejorar, según los casos, las cualidades del moldeo o las características físicas. A las del segundo grupo, principalmente las de Al - Si, Al - Cu y Al - Cu - Si, se les exige que no sufran contracciones al enfriarse. En cuanto a las del tercer grupo, han de ser muy flúidas y estar libres de contracciones, por lo que se utilizan casi exclusivamente las aleaciones de Al - Si.

Para trabajos de moldería en general la aleación más usada en Estados Unidos es la de Al - Cu con 8 % de Cu; la adición de Si y Fe mejora sus características de fundición, especialmente la contracción; el maquinado se mejora añadiéndole Zn. Las aleaciones con 4 % de Cu son más débiles, pero admiten tratamiento térmico y son más resistentes a la corrosión. Las de 12 % de Cu son más fuertes que las de 8 % de Cu y de poros más finos; la adición de Mg permite mantener su resistencia y dureza hasta relativamente altas temperaturas, por lo que antes se empleaban en la fabricación de émbolos para motores. Las aleaciones de Al - Si reúnen excelentes condiciones de fundición y buena resistencia a la corrosión; no se contraen, pero son algo difíciles de maquinar. Son las más usadas la de 5 % de Mg. En Alemania y países continentales la aleación más empleada en trabajos generales en molde de arena es la de Al - Cu - Zn, tanto por sus buenas cualidades de fundición como por las facilidades de maquinado, pero no son resistentes a temperaturas elevadas, a causa del contenido de Zn; tienen alta resistencia y ductilidad, sin necesidad de tratamiento térmico.

Para trabajos de fundición en coquilla, las más extendidas son las aleaciones de Al - Si, Al - Cu y Al - Cu - Si. Su empleo más frecuente es en la fabricación de pistones para motores, por su buen comportamiento a altas temperaturas.

En fundiciones para inyectar, la tendencia actual es hacia el uso casi exclusivo de las aleaciones de Al - Si.

Por lo que se refiere a las aleaciones de Al para laminados, en particular aquellas de interés en construcción naval, debe considerarse, no solamente sus características mecánicas, sino también su resistencia a la corrosión. En general, las aleaciones de Al con Cu ofrecen escasa resistencia a los agentes exteriores, por lo que deben emplearse placadas; las más importantes son

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

las del grupo Al - Cu - Mg, de gran resistencia mecánica. Las aleaciones de Al - Mg, con relativamente alto contenido en Mg, tienen gran resistencia a la corrosión, junto con buenas características mecánicas, y son, por consiguiente, las más indicadas para su utilización en construcción naval. Las de Al - Mg - Mn, tienen parecidas características. Ninguna de las dos admite tratamiento térmico, pues son afectadas en mayor o menor grado por la temperatura (5).

La denominación comercial de las principales aleaciones de Al según los grupos de la casificación de los DIN 1713, se da en el cuadro núm. 3, junto con sus características más importantes y sus aplicaciones.

Las cifras de resistencia dependen del estado de la aleación y de las proporciones de los componentes. Los detalles particulares de cada aleación se indican en el Cuadro núm. 4, que solamente se refieren a los laminados.

Respecto a los valores del límite de fluencia dados en el cuadro, debe hacerse observar que en estas aleaciones, así como en muchas de las aleaciones de metales no férreos, este límite no está bien destacado en los ensayos de rotura; por no existir en

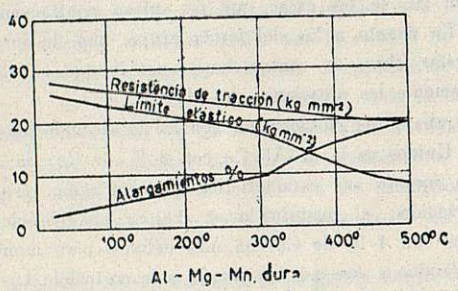


Fig 1

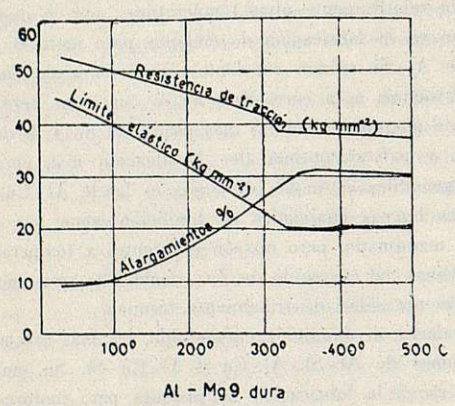


Fig. 2

la curva de deformaciones-esfuerzos (fig. 3), el pico de discontinuidad característico en los ensayos con probetas de acero; se adopta como límite de fluencia un esfuerzo convencional correspondiente a una cierta deformación permanente, generalmente, el 0,2 % de la longitud original (6).

(5) Las curvas de las figuras 1 y 2 muestran la influencia de la temperatura sobre la resistencia en las aleaciones Al - Mg - Mn, dura, y Al - Mg 9, dura, respectivamente.

(6) Designación $\sigma_{0,2}$. En Inglaterra se toma $\sigma_{0,1}$.

Las normas preliminares del Lloyd's Register of Shipping para aplicación de las aleaciones ligeras en construcción naval, espe-

CUADRO 3.—Denominación y propiedades de las aleaciones de aluminio más importantes

Grupo	Denominacion comercial	Resistencia a la tracción kg mm-2	Alargamiento en la rotura %	Dureza Brinell kg mm-2	Propiedades y aplicaciones
Laminados					
Al - Cu - Mg	Duraluminio, bondur-aludur, heddur, igedur, avional, ulminio	16 - 58	15 - 5	120-150	Alta resistencia; empleo en construcción de aviones; en buques deben utilizarse placados
Al - Cu - Ni	Aleación Y, hiduminio, duraluminio W	16 - 42	25 - 8	100-120	Alta resistencia al calor
Al - Cu	Lautal, alautal, placado	16 - 50	25 - 2	50-140	Construcción de máquinas
Al - Mg - Si	Pantal, duraluminio K, Aldry 533, corrofestal, anticorrodal, polital, ulmal, Legal	11 - 42	27 - 2	30-120	Construcción de automóviles y buques, accesorios y piezas forjadas
Al - Mg	BS - Seewasser, duranatium, hydronatium, peraluman 7	19 - 46	26 - 8	95-100	Buena resistencia mecanica y a la corrosion, construcción naval, automóviles y aviones, estructura
Al - Mg - Mn	KS - Seewasser, duranatium, heddenal, peraluman	16 - 38	25 - 2	50-90	Buena resistencia a la corrosion, Construcción naval, automóviles y aviones: revestimientos y alojamientos
Al - Si	Siluminio	12 - 25	25 - 2	40-80	Buena resistencia a la corrosión: aparatos químicos
Al - Mn	Mangal, heddal, aluman	10 - 25	25 - 2	40-80	Resistencia a la corrosión como el Al puro pero mas resistencia mecanica
Fundiciones					
Al - Cu	Aleacion americana	12 - 20	4 - 0,5	80-100	Resistente al calor; trabajos de fundición en general
Al - Zn - Cu	Aleación alemana	12 - 20	4 - 0,5	60-100	Buenas cualidades de fundicion, escasa resistencia al calor; carters de motores, cigueñales y elementos de maquinas
Al - Si	Siluminio	17 - 26	8 - 3	50 - 80	Aleación eutéctica con excepcionales cualidades de fundición, libre de tensiones internas; fundicion de piezas complicadas; buena soldabilidad
Al - Mg	Neural, KS - Seewasser, hydronalium, titan-Seewasser-duranalium	14 - 28	8 - 15	40 - 90	Resistencia mediana; piezas sometidas a los agentes exteriores
Al - Si - Mg	Siluminio β	25 - 32	4 - 0,7	80 - 110	Buenas caracteristicas mecánicas; piezas importantes de máquinas y motores
Al - Mg - Si	Pantal S, polital, anticorrodal	13 - 30	3 - 5	60-100	Mediana resistencia mecánica y a la corrosión; herrajes válvulas y accesorios

CUADRO 4.—Características de las principales aleaciones de aluminio para laminados.

Aleación	Estado [1]	Denominacion	Carga de rotura kg mm-2	Límite de [2] fluencia 0,2 kg mm-2	Alargamiento [3] %	Dureza Brinell [4] kg mm-2
Alemanas						
Aluminio 99%	W	99 W	7 - 11	—	40 - 30	15 - 25
	½ H	99 H ½	10 - 15	9 - 11	10 - 6	25 - 35
	H	99 H	15 - 20	14 - 18	8 - 4	35 - 45
Duraluminio	A	681 B	38 - 42	26 - 28	18 - 15	108 - 118
	H	681 B	45 - 48	32 - 34	12 - 10	119 - 131
	A	681 ZB	42 - 44	28 - 30	18 - 15	112 - 124
	H	681 ZB	46 - 48	38 - 38	12 - 10	129 - 141
	A	DM 31	46 - 48	32 - 34	15 - 12	119 - 131
	H	DM 31	50 - 52	40 - 42	12 - 10	134 - 146
Bondur	W	17/65 W	18 - 22	—	25 - 15	—
	V	17/65 V	40 - 44	26 - 30	23 - 16	100 - 125
	V N	17/65 VN	44 - 50	32 - 36	15 - 10	125 - 145
	W	17/69 W	18 - 22	—	20 - 15	50 - 60
	V	17/69 V	44 - 48	32 - 34	18 - 14	115 - 130
	V N	17/69 VN	48 - 54	38 - 42	14 - 10	130 - 150
Aleación Y		Y	36	22	15	—
Lautal	W	14 W	16 - 22	—	25 - 15	—
	U	14 U	30 - 36	16 - 19	25 - 15	70 - 90
	V	14 V	38 - 42	20 - 24	25 - 18	100 - 120
	VN	14 VN	42 - 50	30 - 40	10 - 2	120 - 140
Pantal	W	19 W	11 - 13	—	25 - 20	30 - 40
	½ H	19 H ½	16 - 20	10 - 14	10 - 5	40 - 50
	H	19 H	18 - 23	16 - 20	6 - 4	50 - 60
	V	19 V	30 - 35	18 - 25	15 - 12	70 - 95
	VN	19 VN	36 - 42	33 - 36	10 - 2	100 - 120
Anticorrodal [5]	W	W	11 - 13	6 - 7	27 - 25	30 - 38
	W	W	15 - 18	6 - 7	25 - 22	28 - 30
	½ HV	A	25 - 28	14 - 18	20 - 18	70 - 75
	½ HV	A	25 - 30	16 - 20	18 - 15	65 - 75
	HV	B	32 - 36	27 - 30	14 - 11	90 - 100
	HV	B	30 - 33	25 - 30	12 - 10	90 - 100
	VN	C	36 - 42	33 - 38	10 - 2	100 - 120
	Ho	H	20 - 25	12 - 15	22 - 18	45 - 50
Polital	½ H	—	23 - 26	12 - 14	23 - 20	59 - 71
BS - Seewasser	W	63 W	33 - 36	15 - 20	23 - 20	75 - 90
	H	63 H	45 - 55	38 - 45	6 - 3	115 - 135
Duranatium	W	7 W	30 - 36	15 - 20	24 - 18	76 - 94
	½ H	7 H ½	35 - 40	25 - 30	20 - 15	91 - 109
	H	7 H	40 - 44	32 - 36	9 - 4	111 - 129
	W	9 W	38 - 42	18 - 22	24 - 18	86 - 104
	½ H	9 H ½	40 - 45	28 - 32	20 - 15	101 - 119
	H	9 H	42 - 45	35 - 38	9 - 4	116 - 134

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Características de las principales aleaciones de aluminio para laminados (continuación).

Magnesium	P	Hy 5	23 - 25	9 - 10	16 - 22	55 - 60
	P	Hy 7	31 - 35	15 - 18	16 - 22	70 - 75
	W	Hy 7	31 - 36	15 - 18	16 - 22	—
	P	Hy 8	36 - 40	16 - 19	16 - 22	80 - 85
	½ H	Hy 8	39 - 42	27 - 30	7 - 12	—
	W	Hy 9	36 - 40	20 - 22	16 - 20	—
	F	Hy 10	38 - 42	20 - 24	12 - 18	90 - 95
KS - Seewasser	W	61 W	16 - 20	8 - 10	25 - 15	45 - 55
	½ H	61 H ½	20 - 24	12 - 18	8 - 4	55 - 65
	H	61 H	24 - 32	20 - 25	5 - 2	65 - 75
Silumin	W	31 W	13 - 16	6 - 8	25 - 15	40 - 55
	½ H	31 H ½	16 - 20	12 - 15	10 - 3	50 - 60
	H	31 H	20 - 25	15 - 18	5 - 2	60 - 80
Mangal	W	41 W	9 - 12	—	30 - 20	20 - 25
	½ H	41 H ½	12 - 18	10 - 15	15 - 5	35 - 45
	H	41 H	18 - 25	16 - 20	5 - 2	45 - 60
Americanas:						
Aluminio puro	0	25	9	3,5	35	23
	½ H		12	10	9	32
	H		17	15	5	44
35	0	35	11	4	30	28
	½ H		15	12	8	40
	H		20	17	4	55
45	0	45	18	7	20	45
	½ H		24	19	9	63
	H		28	24	5	77
52 S	0	52 S	20	10	25	45
	½ H		26	20	10	67
	H		29	25	7	85
56 S	0	56 S	30	13	25	—
	½ H		36	25	10	—
	H		40	32	7	—
17 S (Duraluminio)	0	17 S	18	7	20	45
	T		42	26	20	100
	RT		46	33	13	110
11 S	T 3	11 S	35	30	—	95
14 S	T	14 S	46	36	10	130
18 S	T	18 S	39	25	10	100
24 S	0	24 S	18	7	20	42
	T		48	31	19	105
	RT		49	39	13	116
25 S	T	25 S	39	21	18	100
51 S	0	51 S	11	4	18	100
	W		25	14	24	64
	T		34	28	14	95
A 51 S	W	A 51 S	31	24	14	90
53 S	0	53 S	11	5	25	26
	W		23	14	22	65
	T		27	23	14	80
61 S	—	61 S	30	25	10	—
	—	61 S	27	25	10	—
Inglesas						
A·W 4 A [4]	Laminado	A W 4 A	17	—	18	—
A W 4 C [5]	Blando	A W 4 C	17	—	18	—
	½ H		24	19	5	—
A.W. 5 A [4]		A W 5 A	22	9	18	—
A.W. 5-C [5]	Blando	A W 5 C	22	11	18	—
	½ H		28	24	5	—
A W. 6 A [4]		A W 6 A	25	13	18	—
A W 6 C [5]	Blando	A.W. 6 C	27	13	18	—
	½ H		31	27	5	—
A W 10 A [4]		A W.10A	20	11	15	—
A W. 10 B [4]		A.W.10B	28	24	10	—
A W 10 D [4]		A.W.10D	22	11	15	—
A W 10 E [5]		A.W 10E	31	24	8	—

1) Significado: W, recocido; ½ H, semi-duro, H, duro; A, afinado; Ho, homogeneizado, U, no maleable

2) En las aleaciones inglesas, el límite de fluencia es medido al esfuerzo σ_{ar}

3) En las aleaciones de igual denominación, los valores superiores sirven para planchas y los inferiores para perfiles

4) Perfiles

5) Planchas

6) Redondos

7) En las aleaciones inglesas y americanas, medido sobre 2 inches en las alemanas, según la D·N 1605

8) Carga de la bola P = 500 kg

9) Denominación según la Aluminium Co of America

cifican las características y composición a que deben ajustarse estos materiales, como se resume en el Cuadro 5.

De la observación de las cifras del Cuadro 4, se desprende que se dispone de gran número de aleaciones de Al que poseen características mecánicas comparables a las del acero y, por consiguiente, puede hacerse la substitución de este material por aquellas, con notable economía de peso. Sin embargo, ambos materiales difieren, esencialmente, en un punto que es en el valor del módulo de elasticidad, ya que en las aleaciones de Al vale

$$E_{al} = 650.000 - 750.000 \text{ kg. cm}^{-2}$$

mientras que en los aceros es

$$E_{ac} = 2.000.000 - 2.200.000 \text{ kg. cm}^{-2}$$

es decir la relación de los módulos es

$$\frac{E_{al}}{E_{ac}} = \frac{1}{2}, \text{ aproximadamente}$$

CUADRO 5. — Normas del Lloyd's Register of Shipping para aplicación de aleaciones de aluminio en construcción naval.

1 Composición química	Porcentajes máximos admisibles	
	Aleaciones que admiten tratamiento térmico	Aleaciones trabajadas en frio
Cu	0,10	0,10
Mg	1,50	5,50
Fe	0,60	0,75
Si	1,30	0,60
Mn	1,00	1,00
Cr	0,50	0,50
Zn	0,30	0,10

2 Resistencia mecánica

$\sigma_{0,1}$ = 12,6 kg. mm² (8 tons. per sq. in.)

σ_R = 26,8 kg. mm² (17 tons. per sq. in)

δ = 10 % para l = 8 in.

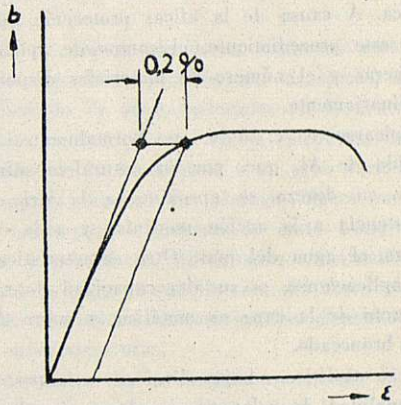


Fig. 3

Esto tiene gran importancia por su influencia sobre las deformaciones y sobre las cargas de pandeo; y esta diferencia, además, exige un mayor cuidado en el cálculo de una estructura mixta contruída con acero y con una aleación ligera, por la diferencia de deformaciones en uno y otro material.

La principal dificultad con que se tropezó al principio al probar las aleaciones ligeras, no fué, como se vé, sus características mecánicas, sino la escasa resistencia a la corrosión de las aleaciones de resistencia mecánica alta, que en ambientes salinos y húmedos tenía aún mayor importancia. Esta es la razón por la que en la construcción de buques el empleo de estos materiales se ha retrasado en comparación con otras construcciones.

El Al puro resiste perfectamente la acción de los agentes exteriores a consecuencia de la formación de una finísima capa superficial de óxido, que defiende el resto del material del

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ataque posterior. La adición de otros metales para formar sus distintas aleaciones empeoran, en mayor o menor grado, esta cualidad. Con las modernas aleaciones de Al - Mg el problema se ha resuelto de forma práctica, ya que tienen resistencia a la corrosión comparable, e incluso superior a la del acero. De todos modos, es aconsejable utilizar las aleaciones ligeras adecuadas para construcción naval, después de ser sometidas a tratamientos especiales de protección. Estos tratamientos consisten en el recubrimiento de la superficie del material con una capa protectora contra los agentes exteriores. Se utilizan corrientemente tres procedimientos: el placado, la oxidación química y la oxidación electrolítica.

El placado se hace revistiendo el material con una lámina fina de Al puro (u otra aleación resistente libre de Cu) y laminándola junto con la aleación (7).

En el método químico, la capa protectora es óxido de aluminio y se consigue por inmersión de la pieza que se desea proteger en una disolución alcalina oxidante, o aplicando una pasta. Normalmente, el baño es cromato sódico acuosa acidulado con adición de carbonato sódico y bicromato sódico. La temperatura del baño es, aproximadamente, de 90 - 95° C., es decir, a temperatura de vaporización de la disolución. El tiempo de la inmersión es variable; bastan 5 - 15 minutos para los trabajos normales y algo más en piezas especiales.

En el procedimiento electrolítico, la oxidación se obtiene por vía electrolítica, sumergiendo la pieza en el baño y uniéndola al polo +, por lo que se llama al método, también, oxidación anódica. A causa de la eficaz protección que puede alcanzarse con este procedimiento, el campo de aplicación de las aleaciones ligeras y el número de materiales disponible se amplía extraordinariamente.

Puede emplearse c. c. ó c. a. Normalmente, la capa de óxido es óxido de Al, que, por su naturaleza mineral, no es inflamable, y su dureza se aproxima a la del corundo; es de gran resistencia a la acción mecánica y a la corrosión, en especial contra el agua del mar. Otra característica importante para ciertas aplicaciones, es su alta capacidad de radiación térmica. El aspecto de la capa es metálico, y sobre Al puro, adquiere brillo bronceado.

El método electrolítico admite diversas variantes; puede conseguirse la tonalidad de color que se desee sin alterar las propiedades y cualidades de la capa de óxido. Esta característica es de interés evidente para efectos decorativos. El tratamiento posterior de la película superficial de óxido permite incrementar en mayor grado la resistencia a la corrosión a causa de la eliminación de los poros.

Este método ha sido —y es— empleado en gran escala por los ingleses en la construcción de flotadores e hidroaviones, así como por los americanos en la estructura de sus aviones.

El espesor y dureza de la capa de óxido es superior a la de la que se obtiene por el procedimiento químico y, además, puede hacerse variar entre límites más amplios cambiando la clase de corriente, la intensidad o la tensión.

En el sistema alemán «Eloxal», se emplea como baño electrolítico ácido sulfúrico o ácido oxálico con varias substancias. También se usan, en algunos casos, el ácido crómico o el fosfórico. La tensión de trabajo es de 10 - 20 V, si se utiliza el ácido sulfúrico, y de 30-60 V, si el oxálico. Los consumos son entonces de 1 - 2 kWh. y de 2 - 8 kWh. por m^2 de superficie tratada, respectivamente.

Se obtiene una capa de Al_2O_3 de un espesor hasta de 0,2 mm. (8), íntimamente unida al metal-base.

El ácido sulfúrico se utiliza en los casos corrientes para fines industriales normales, mientras que el ácido oxálico es empleado en los casos especiales para perfiles y detalles ornamentales.

Para estas operaciones de oxidación superficial debe someterse el material a un tratamiento previo, al objeto de prepararla superficie, a fin de conseguir la adherencia perfecta de la capa de óxido. Los métodos usados son: el decapado químico, el decapado electrolítico y la limpieza mecánica.

En el primero se utiliza una disolución alcalina caliente: otras veces, se emplean disolventes orgánicos. El método electrolítico sólo se usa en casos muy especiales. La limpieza mecánica puede hacerse, según la práctica corriente, por cepillado o por el chorro de arena.

La capa de óxido preserva a la aleación contra la corrosión, a no ser que agentes exteriores destruyan esta película, lo cual es posible, porque, tanto la oxidación química como la electrolítica, dan una capa con poros finísimos, por donde puede venir el ataque de la película (9). Por esta razón, es necesario someter las piezas a un tratamiento posterior, al objeto de eliminar estos poros.

Existen muchos y variados procedimientos para hacer estancos estos poros; los más usados son los siguientes:

Cocimiento en agua pura durante 10 - 30 minutos; tratamiento con una disolución en caliente de sales minerales (cromatos, acetatos o silicatos); o bien, impregnación con substancias orgánicas, tales como aceites, grasas, ceras, lacas, etc.

Para protección contra la corrosión de las aleaciones ligeras, puede emplearse también la pintura, la cual, además, se utiliza para fines decorativos. Lo más importante en toda pintura es conseguir gran adherencia de la primera capa, y, por ello, la preparación de la superficie tiene máxima importancia. La caspa de laminación debe hacerse desaparecer totalmente, porque, de lo contrario, al desprenderse con el tiempo o por el trabajo del material, arrastraría consigo la pintura, descubriendo punto de ataque. La eliminación de la caspa es muy

---

(7) El espesor de cada capa $\approx$ 5 % del total. Se utiliza generalmente sobre las aleaciones del grupo Al - Cu - Mg.

(8) Los espesores normales son:
0,02 μ en la oxidación natural.
1 - 2 μ en la oxidación química.
10 - 20 μ en la oxidación electrolítica.
Por largo tiempo de inmersión en el baño, utilizando el método químico, pueden obtenerse espesores de hasta 5 - 6 μ.
En el método electrolítico, en casos especiales, según la clase de la aleación, se puede llegar hasta 50 μ, y por procedimientos especiales —refrigeración interior del ánodo—, se han llegado en el laboratorio hasta 600 μ de espesor. En este método, además, el espesor es proporcional, dentro de ciertos límites, a la cantidad de corriente, producto de la densidad de corriente (A dm^{-2}), por el tiempo (min.). Esta proporcionalidad no es constante y va haciéndose más lenta con el tiempo, a causa de la disolución química del óxido en formación, hasta alcanzado un cierto límite, pasado el cual el espesor no aumenta con el tiempo.

(9) La humedad es una de las causas principales de destrucción de esta capa protectora.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

difícil conseguirla por el rascado o medios similares; es lo más eficaz el chorro de arena, el esmerilado y el decapado químico. Para fines industriales corrientes, la práctica general es el chorro de arena (10). La superficie puede también prepararse con una disolución diluída de ácido fosfórico y, cuando son de temer condiciones exteriores muy desfavorables, puede utilizarse el cromato de cinc como pigmento en la mano de imprimación y pintura al aluminio encima.

Debe insistirse sobre la importancia de la adherencia de la primera capa de pintura, porque el más pequeño desperfecto permitirá la entrada del agua o de la humedad hasta la superficie del material, y la formación de óxido conduciría al desprendimiento de toda la pintura.

Los peligros de la corrosión se acentúan cuando la aleación se usa en construcción mixta con otros materiades, a causa de los efectos galvánicos (11). Las pinturas deben ser neutras (libres de Hg y de Cu) o pinturas al aluminio; la acción galvánica se combate preferentemente con hojas de cadmio. Las superficies de contacto deben pintarse con cromato de cinc, o bien, el acero deberá ser galvanizado.

* * *

La soldadura del aluminio y sus aleaciones puede hacerse sin ninguna dificultad por los medios corrientes, es decir, por presión, resistencia y arco. A causa de la elevada conductividad térmica de las aleaciones ligeras, la cantidad de calor necesaria para la soldadura es grande, o el consumo de corrientes es también elevado. La soldadura se emplea, preferentemente, para la unión de laminados, pero es también de aplicación en las fundiciones, si bien, en este caso, es necesario, en general, un calentamiento previo de las piezas que se unen.

La soldadura tiene estructura cristalina, que hace la junta frágil. En las aleaciones que no admiten tratamiento término, la pérdida de resistencia es, además, muy grande, y, aunque puede mejorarse en parte por un tratamiento posterior, el alargamiento no se recupera fácilmente, y, por esta razón, no debe emplearse la soldadura en juntas que hayan de estar sometidas a esfuerzos normales de trabajo.

En las aleaciones tratadas térmicamente, la pérdida de resistencia es menor, pero la estructura del metal depositado hace la junta frágil.

Además, la formación de óxidos de Al obliga al empleo de fluxes especiales, que son corrosivos, por lo que es necesario su eliminación posterior con cepillo de alambre. Las juntas son siempre porosas.

Hoy en día ofrece halagüeñas perspectivas la soldadura con electrodos de tungsteno y arco protegido por gases inertes. El empleo del argón como gas inerte, que impide la oxidación y, por consiguiente, el uso de fluxes, es el método que mayor interés despierta en la actualidad.

Hasta que la experiencia que se adquiera y los futuros desarrollos de este sistema permitan el uso de la soldadura en las uniones resistentes de las aleaciones ligeras, el medio de unión de éstas más adecuado es el remachado, del cual nos ocuparemos con mayor extensión más adelante al tratar del cálculo de las estructuras de las aleaciones de aluminio.

3.—APLICACIONES

El Al y sus aleaciones se ha utilizado desde hace tiempo en la fabricación de accesorios y partes importantes de máquinas y servicios eléctricos.

En construcción naval, las aplicaciones han sido más limitadas; se han reducido a la construcción de embarcaciones pequeñas y de recreo, como botes, botes salvavidas, lanchas de inspección, yates, etc. Las limitaciones del tratado de Wáshington sobre los desplazamientos de los buques de guerra, forzó a la mayoría de las Marinas a la utilización de aleaciones ligeras en muchas de sus unidades para conseguir ahorros de peso vitales; tal es el caso de los cruceros de 10.000 toneladas, y de los acorazados de bolsillo.

Además de las embarcaciones menores, se han empleado las aleaciones ligeras de construcciones mixtas con cuadernaje de aleaciones ligeras y forro de madera; se ha seguido este sistema, especialmente, en la estructura de las lanchas rápidas. La razón principal de la utilización de la madera en el forro y cubierta de estas embarcaciones reside en su mayor resistencia a las abolladuras y en la evitación de la acción galvánica en el forro. El ahorro de peso en una embarcación de este tipo es de hasta un 20 %.

La existencia de nuevas aleaciones altamente resistentes a la corrosión y de elevadas características mecánicas, abre amplio campo de aplicación de estos materiales en la construcción naval, que permite su empleo total en la estructura del casco, en muchos elementos de la maquinaria y en gran variedad de acce-

El buque grande integral de aleación ligera no es todavía una realidad, tanto por el aumento de coste como por la falta de experiencia y por ciertas dificultades constructivas; pero la tendencia actual es hacia la substitución del acero por aleaciones ligeras en gran mayoría de accesorios, en elementos de máquinas y en las superestructuras.

Entre los accesorios de los buques que están siendo substituídos por aleaciones ligeras podemos citar los siguientes, entre los más importantes: palos, plumas, instalaciones sanitarias, cocinas, tuberías, puertas, ventanas, portillos, forrados, canales de ventilación, ventiladores, candeleros, tecles, etc.

En la habilitación de camarotes las substituciones son totales, comprendiendo los mamparos divisorios y los muebles. Las ventajas más apreciables son: no inflamabilidad; aislar del calor y ruido; posibilidad de trabajos decorativos, sin pintura. Los mamparos están constituídos por chapas de aleaciones ligeras rellenos de material aislante (también de aleaciones ligeras) (12).

En lo que respecta a la estructura del casco, la substitución más importante se refiere a las superstructuras. Un gran número de grandes buques están construídos con aleaciones ligeras, en especial, buques de guerra y buques de pasaje.

La elección de la aleación más conveniente en cada caso depende, en general, de dos factores: de las cargas de trabajo a

(10) Una película anódica hace una excelente base para la pintura.

(11) El Al es más electro-positivo que el Fe; por consiguiente, en una construcción mixta de acero y de aleación ligera, ésta se destruiría con rapidez, si no se dispone de medios de protección adecuados.

(12) Abundan en el extranjero las casas comerciales que suministran paneles para estos mamparos.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

que haya de esta sometido el material y de la resistencia a la corrosión que se desee.

En fundiciones, la selección no es difícil. Así, para piezas en las que no se requiera grandes resistencias mecánicas ni a la corrosión, se tomará una fundición ordinaria de los grupos Al - Cu y Al - Cu - Zn. Cuando se desean estas dos cualidades puede tomarse el siluminio. En casos de gran resistencia a la corrosión y no tan alta resistencia mecánica, el empleo de las aleaciones de Al - Mg y Al - Mg - Mn, tales como el BSKS hydronalium y duranalium parece lo más indicado. Si se quiere un material muy rígido, podrá usarse el siluminio β y γ.

Mayores dificultades presenta la elección de los laminados. A falta de criterios definidos, pueden seguirse las siguientes recomendaciones.

Para elementos en los que la resistencia a la corrosión es fundamental y en los que no se precisan características mecánicas elevadas, tales como las empleadas en la fabricación de depósitos, tapas, forrados, etc., lo mejor es utilizar Al puro. En muebles, revestimientos, canales de ventilación y mamparos divisorios, pueden emplearse las aleaciones de Al - Mn.

Para elementos estructurales del casco, en los que conviene resistencia a la corrosión adecuada y resistencia mecánica aceptable, son recomendables las aleaciones de Al - Mg, BS, duranalium, hydronalium, 535, 615, A.W.5, A.W.6, A.W.10, etc.

Si el interés primordial es el ahorro de peso, y es de orden secundario la corrosión, deben emplearse las aleaciones de más alta resistencia mecánica, de 38-42 kg. mm^{-2} de carga de rotura y de 15 - 20 % de alargamiento. En aleaciones especiales pueden alcanzarse los 60 kg. mm^{-2} de rotura a costa de un alargamiento menor, como en el bondur, duraluminio, etc.

El uso racional de las aleaciones ligeras como substitución de los metales pesados, conduce, indudablemente, a ahorro de peso, que puede ser de gran importancia; pero para que esta ventaja sea de positivo interés, el aumento de coste que la utilización de estos materiales supone, debe estar compensada por el incremento de beneficios económicos que la utilización de ese peso ahorrado representa, o por la reducción de gastos de servicio que puedan derivarse. De no ser así, nada de valor se habría conseguido. El aspecto económico ha de ser estudiado, por consiguiente, con el mayor cuidado al considerar el proyecto de un nuevo buque construído, total o parcialmente, con aleaciones ligeras. En buques de guerra, esta preocupación puede ser relegada a segundo término ante las ventajas de índole militar que pueden conseguirse.

Los puntos esenciales que habrán de tenerse en cuenta en el análisis del problema, son los siguientes: aprovechamiento del peso ahorrado para aumentar el peso de la carga; reducción de las dimensiones, manteniendo el peso de la carga; disminución del desplazamiento, potencia de máquinas y combustible; aumento de potencia y velocidad. Si se trata, como es lo más corriente, de reducción de pesos altos, además de estos factores podrá considerarse, también, la mejora de la estabilidad; disminución de la manga y desplazamiento, lo cual se suma a los efectos anteriores por su influencia sobre el peso propio y la velocidad o potencia. En buques de guerra se considerarán, adicionalmente, las posibles mejoras sobre el armamento militar y la protección.

4.—CÁLCULOS DE RESISTENCIA

El dimensionamiento y cálculo de los elementos resistentes de una estructura de aleación ligera no ofrece dificultad alguna, conocidas las características mecánicas del material y las cargas exteriores; sin embargo, debemos destacar, nuevamente, por su importancia, la particularidad del valor del módulo de elasticidad de estas aleaciones que, como dijimos, es, aproximadamente, 1/3 del correspondiente al acero. Al hacer la substitución de los miembros de acero de la estructura por los equivalentes de aleación ligera, habrán de tenerse en cuenta, además, las deformaciones y las cargas de pandeo; mientras que en una estructura mixta de acero de aleación ligera, en especial, si trabaja a la flexión, esta desigualdad de módulos hará rebajar los esfuerzos en la parte de la aleación a sólo un tercio aproximadamente de los esfuerzos que se tendrían si toda la estructura fuese de acero, el reparto de tensiones sería distinto y se presentará discontinuidad en los esfuerzos en la zona de transición de un metal a otro; extremos que merecen ser estudiados con detenimiento, por su interés particular en el caso de un casco de acero con superestructuras de aleaciones ligeras.

Para el cálculo de estructuras de aleaciones ligeras en construcción naval, bien aisladas, bien que trabajen conjuntamente con otros miembros de acero, pueden seguirse dos criterios distintos: 1.º Método directo, o sea, determinando los escantillones por el cálculo directo de los esfuerzos, adoptando cargas de trabajo adecuadas; 2.º Método comparativo, o de substitución de los elementos de acero similares, previa la aceptación de criterios convenientes de equivalencia, al objeto de conseguir iguales indicadores de seguridad.

El primer procedimiento se seguirá, con preferencia, en el cálculo de miembros sencillos aislados, en pequeñas embarcaciones, en buques de guerra y como sistema de comprobación y análisis de los resultados obtenidos por el segundo método. Este último está especialmente indicado en buques mercantes, a causa de su sencillez y por obtener la misma resistencia relativa que los reglamentos de las Sociedades de Clasificación exigen.

Método directo

Para aplicación del método directo es fundamental definir las cargas de trabajo admisibles o, lo que es lo mismo, fijar los coeficientes de seguridad adecuados. Como lo más conveniente es adoptar los mismos factores de seguridad que en los buques de acero, ambos métodos han de dar resultados concordantes.

En construcción naval, donde el ahorro de peso tiene la mayor importancia, se trabaja, en general, con esfuerzos más elevados que en otras construcciones. Los coeficientes de seguridad que se manejan son, consiguientemente, muy reducidos. La carga de rotura del material no tiene aquí significado práctico en la mayoría de los casos, pues, al utilizarse grandes tensiones, habrá de tomarse en consideración el límite elástico, el cual no deberá superarse, para evitar las deformaciones permanentes de la estructura. Se usa, por consiguiente, en construcción naval como coeficiente de seguridad, la relación.

$$\gamma = \frac{\sigma_R}{\sigma_{ad}}$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

del límite elástico a la tensión admisible (13), o bien, prácticamente, la relación

$$\nu = \frac{\sigma_s}{\sigma_{ad}}$$

del límite de fluencia a la tensión admisible, o aun,

$$\nu = \frac{\sigma_{o,2}}{\sigma_{ad}} \text{ ó } \frac{\sigma_{o,1}}{\sigma_{ad}}$$

según el criterio práctico de la definición del límite de fluencia.

El valor de ν oscila entre límites pequeños, según la clase de trabajo y las dimensiones del buque considerado.

En aquellos elementos que sólo en condiciones normales han de estar sometidos a los máximos esfuerzos, tanto por averías como por otras causas excepcionales, se admiten coeficientes de seguridad inferiores a la unidad, por no importar en esos casos que puedan producirse grandes deformaciones permanentes con tal de que la estructura resista sin romperse, cumpliendo con su cometido de seguridad para el buque; tal sucede con los mamparos principales, con las cubiertas del doble fondo y con otros elementos. Entonces deberá considerarse la carga de rotura y no el límite de fluencia.

Debe hacerse notar, igualmente, que los valores numéricos de los esfuerzos que se manejan en construcción naval no son los valores reales de los esfuerzos a que trabaja la estructura, sino valores nominales que sirven para fines comparativos en los que se obtienen del análisis de buques en servicio similares y de dimensiones parecidas. Los métodos fundamentales de cálculo son, también, métodos convencionales basados en principios generales de resistencia de materiales, que no representan otra cosa que criterios de cálculo uniformes para determinar cifras comparables. Los coeficientes de seguridad a que aludimos se refieren, desde luego, a los que se deducen de estos esfuerzos nominales aplicando los procedimientos convencionales de cálculo.

El tratamiento directo del problema de dimensionamiento de los elementos resistentes del casco de un buque construído total o parcialmente con materiales ligeros, será enteramente concordante con el que se sigue en buques de acero, con las únicas variaciones que imponga la diferencia de características numéricas.

Resistencia longitudinal

En los cálculos de resistencia longitudinal se seguirá el método de considerar al buque situado en una ola trocoidal de longitud igual a la eslora del casco y de altura 1/20 de la longitud, en las posiciones de buque en la cresta (quebranto) y buque en el seno (arrufo). La determinación directa de la curva de cargas por diferencia entre la curva de pesos y la curva de empujes no es necesaria, en general, y se estimó más conveniente —por unidad de criterio y simplificación de los cálculos— utilizar para el cálculo de los momentos máximos de flexión las fórmulas empíricas usuales, admitiendo que son válidas las de buques con casco de acero para otros materiales, no obstante las diferencias de peso del casco. Se considera la más adecuada (14) la siguiente:

$$M = \frac{P\ L}{x} \qquad (1)$$

donde

P = peso del buque en t.
L = eslora en m.
x = coeficiente según el cuadro 6.

CUADRO 6.—Valores del coeficiente x (*)

Clase del buque	Condición	x
Grandes buques de pasaje....	Quebranto	29 — 30
Grandes buques de carga y pasaje	»	32 — 35
Grandes buques de carga.....	»	33
Medianos de carga	»	32
Pequeños de carga	»	31
Buques de paso del Canal....	» / Arrufo	30
Carboneros.....	Quebranto	35
Petroleros.....	Arrufo	40
Buques fluviales.....	Aguas tranquilas	18 — 24

(*) Según FOERSTER. Praktischer Stahlschiffbau, 1930.

---

(13) En los aceros en que la relación $\frac{\sigma_E}{\sigma_R}$ del límite elástico a la carga de rotura se mantiene constante dentro de ciertos límites, sería lo mismo considerar $\nu = \frac{\sigma_R}{\sigma_{ad}}$, pero en las aleaciones ligeras en que $\frac{\sigma_E}{\sigma_R}$ varía ampliamente, esta definición podría conducir a resultados peligrosos.

(14) En buques de pasaje se puede utilizar la expresión $M = 0{,}021964\ L^2\ BT$ (mt) o $M = \frac{0{,}75\ L^2\ BT}{(35)^2}$ ft. tons. (en unidades inglesas).

Otro método que da gran exactitud, pero que exige mayores cálculos, es el propuesto por Murray (véase bibliografía), consistente en calcular los momentos máximos en el centro del buque en las condiciones de quebranto y arrufo, descomponiéndoles en el momento en aguas tranquilas y el momento debido al paso de la ola.

El momento en el centro del buque en aguas tranquilas es un momento de quebranto y vale

M_o = momento del peso de proa (popa) — momento del empuje de proa (popa) = $M_p^{pr} - M_E^{pr} = M_p^{pp} - M_E^{pp}$

El momento debido al paso de la ola puede calcularse mediante la fórmula

$$Ml = 35{,}8757\ bL^3\ B.\ 10^{-6} \text{ (en unidades métricas)}$$

siendo b un parámetro que depende del coeficiente de bloque, según los valores del Cuadro 7 que sigue.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

El módulo resistente de la sección del casco se calculará por la expresión

$$W = \frac{J}{e} \qquad (2)$$

incluyendo en el cálculo del momento de inercia J todos los elementos longitudinales continuos que intervengan en la flexión, y atendiendo las siguientes indicaciones: las planchas se medirán de centro a centro de remaches, sin deducción alguna por los orificios del remachado; los elementos intercostales de estructuras continuas no se tomarán en el caso de que estén eficazmente unidas al forro por medio de planchas; la quillas macizas y las de balance no entrarán en el cálculo; las planchas dobles continuas sólo se tomarán en un 50 % de su sección. Una superestructura central de longitud superior al 15 % de la eslora del buque se considerará como contribuyente a la resistencia longitudinal y sus elementos longitudinales deberán incluirse en el cálculo de J.

Si se trata de una construcción mixta, el momento de inercia con el que se operará será un momento virtual del material base entrando en el cálculo de J las secciones del material secundario multiplicadas por la relación de los módulos de elasticidad del material secundario y principal (15).

Como momento resistente mínimo para casco de acero dulce se tomará el valor

$$W = fBT \text{ (16)} \qquad (3)$$

del Reglamento internacional de francobordo, donde f es un coeficiente dependiente de la eslora del buque, según las cifras del cuadro 8.

CUADRO 8.—Valores de f

L m	f	L	f	L	f
30,48	3810	85,34	13123	140,21	29951
36,56	4233	91,44	14710	146,30	32067
42,67	4976	97,54	16298	152,40	34396
48,77	5795	103,63	18097	158,50	36725
54,86	6667	109,73	19896	164,59	39053
60,96	7620	115,82	21801	170,69	41487
67,06	8890	121,92	23705	176,78	44027
73,15	10160	128,02	25717	182,88	46567
79,25	11535	134,11	27728		

Para otro material distinto del acero dulce, los valores de f deberán multiplicarse por la relación de los valores del límite elástico del acero y del material empleado, para tener iguales factores de seguridad.

En una construcción mixta, si el material principal es el acero, no se hará corrección de f si se emplea el módulo virtual de la sección.

En el fondo del casco, los esfuerzos de flexión deben componerse con los esfuerzos debidos a la presión del agua. En general, sobre todo en buques mercantes, sólo es necesario hacer el cálculo de flexión. Los valores máximos de los esfuerzos corresponden, en la práctica, a las fibras cargadas a tracción en la cubierta superior, en la zona del tercio central del buque. Los esfuerzos de tracción y compresión en las fibras inferiores no pasan normalmente del 75-80 % de los superiores.

Para calcular los esfuerzos debidos a la presión del agua en el fondo, se tomará como carga de agua el calado máximo de verano más la altura de la cresta de la ola sobre la flotación en aguas tranquilas, o bien, aproximadamente, $T + \frac{L}{40}$.

Como valores tipos de las tensiones máximas admisibles debidas a la flexión longitudinal del casco, se pueden tomar los valores que se representan en las curvas (17) de las figs. 4 y 5, que se refieren a buques mercantes y de guerra, respectivamente.

CUADRO 7.—Valores de b

Valores de b (*)		
δ	Quebranto	Arrufo
0,80	25,0	28,0
0,78	24,25	27,75
0,76	23,55	26,5
0,74	22,85	25,7
0,72	22,10	24,9
0,70	21,35	24,1
0,68	20,65	23,35
0,66	19,90	22,6
0,64	19,20	21,8
0,62	18,45	21,05
0,60	17,75	20,3

(*) Con buena aproximación puede tomarse.

$b = -4 + 36{,}25\ \delta$ (quebranto).
$b = -3{,}2 + 39\ \delta$ (arrufo).

Los momentos de flexión máximos serán:

$M = M_o + M_1$ (Quebranto).
$M = M_1 - M_o$ (Arrufo).

Para facilitar el cálculo del momento M_o en aguas tranquilas Murray sugiere tomar los momentos medios, es decir,

$$M_o = \frac{M_p^{pr} + M_p^{pp}}{2} - \frac{M_E^{pr} + M_E^{pp}}{2} = M_p^m - M_E^m$$

dando para el momento total del peso del casco —supuesto un reparto trapezoidal— el valor 0,2229 PL, y para el momento medio del empuje

$$M_E^m = \frac{P}{2} \times$$

(distancia media de los centros de empuje a proa y popa) =

$$= \frac{P}{2} \times l_m \text{, con } l_m = (0{,}165\ \delta + 0{,}074)\ L\ .$$

---

(15) $\frac{E_{madera}}{E_{acero}} = 0{,}04$

$\frac{E_{aleación\ ligera}}{E_{acero}} = \frac{1}{3}$

(16) Las áreas se medirán en mm^2 y las distancias en m.

(17) Según JOHW-FOERSTER, Hilfsbach für den Schiffbau, 1928.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

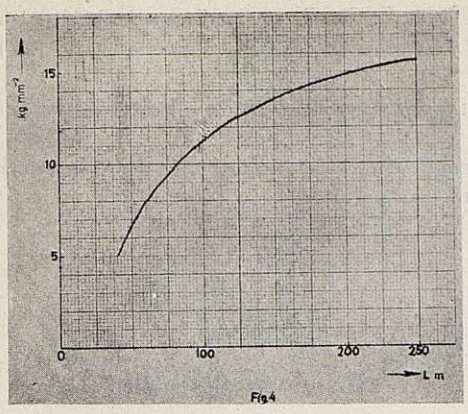


Fig 4

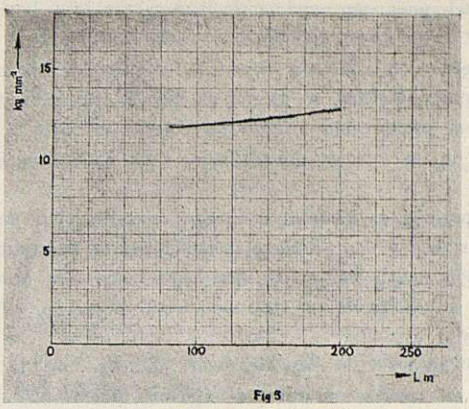


Fig 5

O bien se utilizarán las fórmulas siguientes:

$$\sigma = 2{,}34\sqrt[3]{L} \text{ kg. mm}^2 \quad (4)$$

$$\sigma = 7{,}875\left(1 + \frac{L}{304{,}8}\right) \text{kg. mm}^2 \quad (5)$$

$$\sigma = 5 + 0{,}05\ L \text{ kg. mm}^2 \quad (6)$$

que son las aceptadas corrientemente para buques mercantes de acero y que para apreciar sus valores relativos se dan en forma tabulada en el cuadro 9.

CUADRO 9.—Valores de σ

L m	I Buques de guerra (fig. 5) kg. mm²	Buques mercantes II (fig. 4) kg. mm²	III $\sigma = 2{,}34\sqrt[3]{L}$ kg. mm²	IV $\sigma = 7.875\,(1 + \frac{L}{304{,}8})$ kg. mm²	V $\sigma = 5 + 0{,}05\,L$ kg. mm²
40	—	5,1	8,0	8,9	—
50	—	6,6	8,6	9,2	—
60	—	8,0	9,2	9,4	8,0
70	—	9,0	9,6	9,7	8,5
80	11,8	9,9	10,1	9,9	9,0
90	11,8	10,6	10,5	10,2	9,5
100	11,9	11,2	10,9	10,5	10,0
110	12,0	11,8	11,2	10,7	10,5
120	12,1	12,3	11,5	11,0	11,0
130	12,2	12,8	11,8	11,2	11,5
140	12,3	13,1	12,1	11,5	12,0
150	12,4	13,6	12,4	11,8	12,5
160	12,5	14,0	12,7	12,0	13,0
170	12,6	14,2	13,0	12,3	13,5
180	12,7	14,5	13,2	12,5	14,0
190	12,8	14,8	13,5	12,8	14,5
200	12,9	15,0	13,7	13,1	15,0
210	—	15,1	13,9	13,3	—
220	—	15,2	14,1	13,6	—
230	—	15,3	14,3	13,8	—
240	—	15,5	14,5	14,1	—
250	—	15,6	14,7	14,4	—

De estos valores se podrá deducir el factor de seguridad más

$$\nu = \frac{\sigma_s}{\sigma_{ad}}$$

más conveniente en cada caso, aplicable a cualquier material. Tomando para el acero σ_s = 23 kg. mm² obtenemos los valores de ν del Cuadro 10.

CUADRO 10.—Valores de ν

L m	Buques de guerra I	Buques mercantes II	III	IV	V
40	—	4,51	2,88	2,58	—
50	—	3,49	2,67	2,50	—
60	—	2,88	2,50	2,45	2,88
70	—	2,56	2,40	2,37	2,71
80	1,95	2,32	2,28	2,32	2,56
90	1,95	2,17	2,19	2,25	2,42
100	1,93	2,05	2,11	2,19	2,30
110	1,92	1,95	2,05	2,15	2,19
120	1,90	1,87	2,00	2,09	2,09
130	1,89	1,80	1,95	2,05	2,00
140	1,87	1,76	1,90	2,00	1,92
150	1,85	1,69	1,85	1,95	1,84
160	1,84	1,64	1,81	1,92	1,77
170	1,83	1,62	1,77	1,87	1,70
180	1,81	1,59	1,74	1,84	1,64
190	1,80	1,55	1,70	1,81	1,59
200	1,78	1,53	1,68	1,76	1,53
210	—	1,52	1,65	1,73	—
220	—	1,51	1,63	1,69	—
230	—	1,50	1,61	1,67	—
240	—	1,48	1,59	1,63	—
250	—	1,47	1,56	1,60	—

De gran interés en los cálculos de resistencia longitudinal es la determinación de los esfuerzos de compresión en la cubierta superior, pues, aunque son, en general, inferiores a los de tracción, deben ser considerados con la mayor atención, a causa de los peligros del pandeo.

Según las teorías sobre el pandeo de estructuras, los esfuerzos críticos dependen, solamente, del módulo de elasticidad del material y de la forma y proporciones de sus elementos. La expresión general de los esfuerzos críticos de pandeo es

$$\sigma = E\ \varphi$$

donde φ es una función homogénea de las dimensiones características de la estructura que se considera. Por consiguiente, en construcciones geométricamente semejantes, los esfuerzos a que se presenta el pandeo serán proporcionales, teóricamente, a los valores del módulo de elasticidad de los materiales empleados en las mismas.

Esto es válido si el pandeo se presenta con esfuerzos inferiores al límite elástico (en rigor, inferiores al límite de proporcio-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

nalidad σ_p), pues, por encima de éste, el módulo de elasticidad no puede seguir siendo considerado como constante.

De acuerdo con esto, con esfuerzos inferiores al límite elástico, el pandeo de planchas de aleaciones ligeras debería ocurrir con esfuerzos de compresión 1/3 de los correspondientes a planchas de acero de las mismas dimensiones, o de igual relación clara: espesor = 1 : s.

Los experimentos directos realizados con planchas de diferentes dimensiones y con varias aleaciones ligeras de aplicación en construcción naval, como los llevados a cabo por Muckle (18) conducen a resultados no del todo conformes con estas previsiones.

En los ensayos de Muckle, con planchas de la aleación A. W. 6 en estado semiduro, de iguales dimensiones y en las mismas condiciones que las de acero experimentadas por el doctor Montgomerie, llega a resultados que pueden expresarse por medio de la fórmula (31) de estructura distinta que la del doctor Montgomerie (22).

$$\sigma = \frac{61{,}425}{1 + \frac{1}{370}\left(\frac{l}{s}\right)^2} \text{ kg. mm}^2 \qquad (7)$$

$$\sigma_{ac} = \frac{28{,}35}{1 + \frac{1}{950}\left(\frac{l}{s}\right)^2} \text{ kg. mm}^2 \qquad (8)$$

para el acero, que sólo se corresponde para valores elevados de la relación $\frac{l}{s}$ como se pone de manifiesto por las cifras del cuadro II.

CUADRO II

$\frac{l}{s}$	σ_{ac} (Montgomerie) kg. mm²	$^1/_3\ \sigma_{ac}$ kg. mm²	σ_{al} (Muckle) kg. mm²
40	16,97	5,66	11,54
50	14,24	4,75	7,92
60	12,01	4,00	5,72
70	10,18	3,39	4,31
80	8,72	2,91	3,25
90	7,46	2,49	2,68
100	6,55	2,19	2,19

Con aleaciones en estado blando, los valores de los esfuerzos críticos de pandeo son muy inferiores a los obtenidos con las aleaciones en estado semiduro, como consecuencia de presentarse el pandeo con esfuerzos superiores al límite elástico, si bien para valores altos de la relación $\frac{l}{s}$ los resultados son coincidentes, prácticamente. Una fórmula aproximada para los esfuerzos críticos en este caso es (21):

$$\sigma = \frac{10{,}08}{1 + \frac{1}{4410}\left(\frac{l}{s}\right)^2} \text{ kg. mm}^2 \qquad (9)$$

Resistencia transversal

Los cálculos de resistencia transversal de cascos de aleaciones ligeras o construcciones mixtas se realizarán de igual manera que en los cascos de acero, considerando un anillo completo transversal de longitud igual a la clara de cuadernas, sometido al sistema de fuerzas constituído por el peso propio y la carga y por la presión hidrostática.

En el cálculo del momento de inercia en construcciones mixtas se tomarán las secciones del material secundario multiplicadas por la relación de los módulos de elasticidad del material secundario al principal (acero) y se considerará toda la estructura como de material principal (acero). Las planchas unidas a los refuerzos sólo intervendrán con un ancho de cuarenta veces su espesor.

Si se trata de estructuras homogéneas (p. e., todo aleación), los esfuerzos admisibles serán los que resulten de aplicar el mismo coeficiente de seguridad que en las construcciones de acero; es decir, se tomará

$$\nu = \frac{\sigma_E}{\sigma_{ad}} = 2 - 1{,}2 - 2{,}4$$

para la zona de cubierta, pantoque y varengas, respectivamente.

Se tomará como módulo mínimo de la sección para el acero el valor

$$W = \frac{s\,(T - t)\,(f_1 + f_2)}{1000} \quad \text{cm}^3$$

exigido por el Reglamento internacional de francobordo, donde

s = clara de cuadernas, en m.

t = altura del centro de la consola marginal sobre la quilla, en m.

f_1 = coeficiente dependiente de la altura H del centro de la consola marginal al centro de la consola del bao inferior.

f_2 = coeficiente dependiente de la altura K medida desde la cara superior de los baos inferiores hasta un punto situado a 2,29 m. por encima de la cubierta de francobordo, o si hay una superestructura hasta 3,81 m. sobre la misma cubierta.

Y para los valores de f_1 y f_2 que se dan en los cuadros siguientes:

(18) W. MUCKLE. Resistance to buckling of light-alloys plates. Nort-East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders, March, 1948.

(19) $$\sigma = \frac{39}{1 + \frac{1}{370}\left(\frac{l}{s}\right)^2} \text{ tons. por sq. in.}$$

(20) $$\sigma = \frac{18}{1 + \frac{1}{950}\left(\frac{l}{s}\right)^2} \text{ tons. por sq. in.}$$

(21) $$\sigma = \frac{6{,}4}{1 + \frac{1}{4410}\left(\frac{l}{s}\right)^2} \text{ tons. por sq. in.}$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

H m	0	2,133	2,743	3,353	3,962	4,572	5,182	5,791	6,401	7,01	7,62
f_1	19053	23287	26464	31758	40227	50810	62455	76219	91035	107970	124900

K m	0	1,524	3,048	4,572	6,096	7,620	9,144	10,668	12,192	—	—
f_2	0	1058,5	2117,0	4234	6351	9527	13761	19053	25407		

modificado para otro material por multiplicación por la relación del límite elástico del acero al del material empleado.

Estructuras aisladas

En el cálculo de estructuras aisladas de aleaciones ligeras, tales como mamparos, baos, esloras, puntales, etc., el método será enteramente similar al seguido en estructuras de acero semejantes, y se calcularán los refuerzos suponiendo unida a ellos unas tira de plancha de ancho igual a cuarenta veces su espesor.

Los coeficientes de seguridad que se deben aplicar son:

Planchas de mamparos $\nu = \frac{\sigma_R}{\sigma_{ad}} = 1{,}4 - 2{,}1$

refuerzos de mamparos $\nu = \frac{\sigma_E}{\sigma_{ad}} = 1$

baos y esloras $\nu = \frac{\sigma_E}{\sigma_{ad}} = 1{,}5$

puntales $\nu = 5$

forro interior $\nu = \frac{\sigma_E}{\sigma_{ad}} = 0{,}6$

varengas estancas $\nu = \frac{\sigma_E}{\sigma_{ad}} = 0{,}7$

Remachado

El cálculo del remachado de una junta de aleación ligera se hace de manera similar al de una junta de acero. Existe una diferencia de principio en la forma de trabajar la junta, pero los fundamentos del cálculo son los mismos, es decir, la igualdad de rendimientos en las distintas formas de rotura de los elementos de la junta.

La diferencia de comportamiento radica en que en la unión de planchas de acero los remaches se ponen en caliente y la contracción de éstos, al enfriarse, hace presionar fuertemente una plancha contra otra, de tal manera que el rozamiento entre ambas superficies alcanza un valor muy importante que impide, en cierto grado, el deslizamiento de la junta antes que los remaches puedan empezar a trabajar a la cizalla (22). En la unión de las aleaciones ligeras, por el contrario, como los remaches se clavan en frío, las fuerzas de rozamiento son de escaso valor y es la compresión directa en el orificio del remache la que hace trabajar a éste.

Considerando un trozo de junta de longitud igual al paso del remachado y designando por

s = espesor de la plancha, mm.
d = diámetro de los remaches, mm.
p = paso del remachado, mm.
σ_z = carga de trabajo admisible a la tracción, kg. mm^2.
τ_a = carga de trabajo admisible a la cizalla, kg. mm^2.
σ_d = carga de trabajo admisible a la compresión kg mm^2.
n = número de remaches en el trozo de junta considerado, trabajando a la simple cortadura.
τ_a' = carga de trabajo admisible a doble cizalla, kg. mm^2.
σ_d' = carga de trabajo admisible a compresión en doble cortadura, kg. mm^2.
n' = número de remaches en el trozo de junta considerado, trabajando a doble cortadura.

La capacidad de la junta para resistir el desgarramiento de la plancha entre los orificios de la fila exterior de remaches, el cizallamiento de los remaches y el aplastamiento de la plancha por la compresión transmitida por las cañas de los remaches será, respectivamente,

$$(p - d)\, s\, \sigma_z \quad \text{kg.}$$

$$\frac{\pi d^2}{4}(n\,\sigma_a + 2\,n'\,\tau'_a) \quad \text{kg.}$$

$$ds\,(n\,\sigma_d + 2\,n'\,\sigma'_d) \quad \text{kg.}$$

y la resistencia a la desgarradura de la plancha intacta sería

$$ps\,\sigma_z \quad \text{kg.}$$

que tomada como tipo, resulta para los rendimientos de la junta, según la forma de rotura considerada, los valores

$$\eta_{iz} = \frac{(p - d)\, s\, \sigma_z}{ps\,\sigma_z} = \frac{p - d}{p} \qquad (10)$$

$$\eta_{ia} = \frac{\frac{\pi d^2}{4}(n\,\tau_a + 2\,n'\,\tau'_a)}{ps\,\sigma_z} =$$

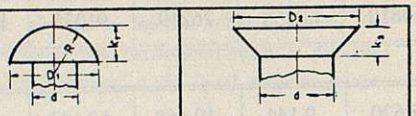
$$= \frac{0{,}7854\, d^2\,(n\,\tau_a + 2\,n'\,\tau'_a)}{ps\,\sigma_z} \qquad (11)$$

$$\eta_{id} = \frac{ds\,(n\sigma_d + n'\,\upsilon'_d)}{ps\,\sigma_z} = \frac{d\,(n\,\sigma_d + n'\,\sigma'_d)}{p\,\sigma_z} \qquad (1.)$$

(22) En el remachado a mano, la compresión, debida al enfriamiento, vale 14-15 kg. mm^2 y en el remachado con máquina 16-19 kg. mm^2, y admitiendo un coeficiente de rozamiento de 0,45, la resistencia de rozamiento valdría 7-9 kg. mm^2.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO 12.—Características geométricas de los remaches de aleaciones ligeras.



Diámetro del remache d mm	Diámetro del orificio d_1 mm	R mm	D_1 mm	k_1 mm	l_1 mm	α °	D_2 mm	k_2 mm	l_2 mm
3	3,2	2,8	5,2	1,8	1,25 S + 4	75	5,2	1,5	1,25 S + 2,8
4	4,3	3,8	7,0	2,4	1,27 S + 5	75	7,0	2,0	1,27 S + 3,8
5	5,3	4,8	8,8	3,0	1,24 S + 6	75	8,0	2,5	1,24 S + 4,2
6	6,3	5,7	10,5	3,6	1,21 S + 7	75	10,5	3,0	1,21 S + 4,7
8	8,3	7,5	14,0	4,8	1,19 S + 9	75	14,0	4,0	1,19 S + 5,7
10	10,5	8,0	16,0	6,5	1,21 S + 11	75	15,4	4,5	1,21 S + 3,8
13	13,5	11,0	21,0	8,5	1,19 S + 14	75	21,0	5,0	1,19 S + 5,3
16	16,5	13,5	26,0	10,0	1,17 S + 17	75	27,0	7,0	1,17 S + 7,9
19	19,5	15,5	30,0	12,0	1,16 S + 20	60	30,0	9,5	1,16 S + 8,4

Otro modo posible de rotura, por desgarramiento del borde de la plancha por el orificio de los remaches exteriores se evita disponiendo la fila exterior de remaches a una distancia del borde de 2d en la dirección de las fuerzas que solicitan la junta y de 1,5-1,8d en la dirección normal.

Las dimensiones y características geométricas de los remaches de aleaciones ligeras se indican en el cuadro 12.

Los esfuerzos admisibles para las principales aleaciones y según las formas de trabajo se dan en el cuadro 13.

Las ecuaciones (10), (11) y (12) permiten calcular, al igualarlas, los valores del paso y diámetro de los remaches de una junta para que las tensiones admisibles tomen los valores convenientes. En la práctica, donde los diámetros estén normalizados y relacionados con el espesor de la plancha por consideraciones de los esfuerzos debidos al momento de flexión adicional por la deformación elástica de la caña de los remaches y donde el paso viene obligado por la estanqueidad de la junta, el proceso de cálculo es distinto.

CUADRO 13.—Esfuerzos admisibles en el cálculo de remachado de juntas de aleaciones ligeras.

Aleación	Marca	Esfuerzo cortante τ_R kg mm^{-2}	Tensiones admisibles *) Carga estática: Simple cortadura kg mm^{-2}	Carga estática: Doble cortadura kg mm^{-2}	Carga dinámica: Simple cortadura kg mm^{-2}	Carga dinámica: Doble cortadura kg mm^{-2}	Carga alternativa: Simple cortadura kg mm^{-2}	Carga alternativa: Doble cortadura kg mm^{-2}
Bondur	VLW 17/37 V	25-28	8-10	7-8,5	7-9	6-7,5	5-8	4,5-7
	17/65 V	25-28	8-10	7-8,5	7-9	6-7,5	5-8	4,5-7
	17/39 V	27-30	9-11	7,5-8,5	8-9	7-7,5	6-8	5-7
	17/69 V	29-32	10-11	8,5-9,5	8-9	7-7,5	6-8	5-7
Duraluminio	N	25	8-10	7-8,5	7-9	6-7,5	5-8	4,5-7
	681 af N	28	9-11	7,5-9,5	8-9	7-7,5	6-8	5-7
Lautal	VLW 14 V	24-28	8-10	7-8,5	6-8	5-7	5-7	4,5-6
Pautal	VLW 19 V	18-22	6-7	5-6	5-6	4,5-5	4-5	3,5-4,5
Siluminio	81 H ½	12-15	4-5	3,5-4,5	4-4,5	3,5-4	3-4	2,5-3,5
Mangal	41 H ½	11-13	4-5	3,5-4,5	4-4,5	3,5-4	3-4	2,5-3,5
KS-Seewasser	61 H ½	14-18	5-6	4,5-5	4-5	3,5-4,5	3,5-4	3-3,5
BS-Seewasser	63 H ½	25-30	8-10	7-8,5	6-7	5-6	5-6	4,5-5
Hydronalium	Hy 5	18-20	6-7	5-6	5-6	4,5-5	4-5	3,5-4,5
	Hy 7	20-22	6-7	5-6	5-6	4,5-5	4-5	3,5-4,5
	Hy 9	23-25	7-9	6-7,5	5,5-7	4,5-6	4-5,5	3,5-4,5

*) Para otra aleación no especificada en el cuadro se tomará:
$\tau_{ad} = \frac{1}{5} \tau_R$ para carga estática o simple cortadura
$\tau_{ad} = 0,875\ \tau_{ad}$ " " " doble
Para cargas dinámicas se multiplicará τ por 0,86 en
alternativas " " τ " 0,70 "

La ecuación (12) se satisface prácticamente en esas condiciones y sólo se considera la condición

$$\eta_{lz} = \eta_{la} \qquad (13)$$

El paso se fija por consideración de la estanqueidad según un cierto múltiplo del diámetro; éste viene determinado por el espesor de la plancha y la condición (13) proporciona el número de remaches.

En las aleaciones ligeras no existe, como en el acero, una relación fija entre los esfuerzos de cizalla del remachado y los de tracción de la plancha, variando entre 0,55-0,80; por esta razón habrá que considerar en cada caso la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z}$ adecuada a las aleaciones empleadas.

La dependencia entre el diámetro de los remaches y el espesor de las planchas no está bien definida aún por falta de suficientes datos experimentales, pero de manera aproximada puede tomarse d = 1,5-2 s, de donde se han deducido las cifras del Cuadro 14, que se pueden emplear provisionalmente.

CUADRO 14.—Espesores correspondientes a los diámetros de los remaches.

d mm	3	4	5	6	8	10	13	16	19
s mm	1,5	2	2,5	3	4	5-6	7-8	9-10	11-13

La ejecución del remachado se hace, como ya hemos indicado anteriormente, en frío. Para remaches hasta 13 mm. ϕ se puede utilizar un martillo neumático corriente (el empleado para remaches de acero de 19 mm. ϕ) y hasta 19 mm. ϕ con máquina hidráulica o martillo neumático especial, giratorio. Los remaches por encima de 19 mm. ϕ deben ser puestos en caliente. En este caso podrían utilizarse remaches de acero ordinarios, tomando la precaución de pintar el agujero con cromato de cinc, así como las cabezas después del remachado.

El paso del remachado estanco debe ser menor en las aleaciones ligeras que en el acero, por no formarse óxido en las superficies de contacto; puede reducirse, aproximadamente, en 1 diámetro.

Para facilitar el cálculo de las juntas de aleaciones ligeras remachadas hemos compuesto los cuadros 15-32, donde se dan los rendimientos de varias juntas típicas o solape y con doble cubrejuntas para las relaciones paso-diámetro.

$$p : d = 2,5 - 3 - 3,5 - 4 - 4,5 - 5 - 6 - 67 - 8$$

y para las relaciones extremas de los esfuerzos admisibles

$$\tau : \sigma = 0,55 \text{ , y , } \tau : \sigma = 0,80$$

que estimamos serán de utilidad en la mayoría de las aplicaciones. Puede obtenerse el rendimiento η_a para otra relación distinta de esfuerzos por simple interpolación.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO 15

Valores de η_a para la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z} = 0{,}55$

p : d = 2,5

s mm	d mm	η_z	Junta a solape con n filas de remaches n=1	n=2	n=3	Doble cubrejuntas con n' filas de remaches n'=2	n'=3
1,5	3	0,600	0,346	0,692	1,038	1,211	1,816
2	4		0,346	0,692	1,038	1,211	1,816
2,5	5		0,346	0,692	1,038	1,211	1,816
3	6		0,346	0,692	1,038	1,211	1,816
4	8		0,346	0,692	1,038	1,211	1,816
5	10		0,346	0,692	1,038	1,211	1,816
6	10		0,288	0,576	0,864	1,008	1,512
7	13		0,321	0,642	0,963	1,123	1,685
8	13		0,281	0,562	0,843	0,983	1,475
9	16		0,307	0,614	0,921	1,074	1,612
10	16		0,276	0,552	0,828	0,966	1,449
11	19		0,298	0,596	0,894	1,043	1,564
12	19		0,274	0,548	0,822	0,959	1,438
13	19		0,252	0,504	0,756	0,882	1,323

CUADRO 16

Valores de η_a para la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z} = 0{,}55$

p : d = 3

s mm	d mm	η_z	Junta a solape con n filas de remaches n=1	n=2	n=3	n=4	Doble cubrejuntas con n' filas de remaches n'=2	n'=3
1,5	3	0,667	0,288	0,576	0,864	1,152	1,008	1,512
2	4		0,288	0,576	0,864	1,152	1,008	1,512
2,5	5		0,288	0,576	0,864	1,152	1,008	1,512
3	6		0,288	0,576	0,864	1,152	1,008	1,512
4	8		0,288	0,576	0,864	1,152	1,008	1,512
5	10		0,288	0,576	0,864	1,152	1,008	1,512
6	10		0,240	0,480	0,720	0,960	0,840	1,260
7	13		0,267	0,534	0,801	1,068	0,934	1,402
8	13		0,234	0,468	0,702	0,936	0,819	1,228
9	16		0,256	0,512	0,768	1,024	0,896	1,344
10	16		0,230	0,460	0,690	0,920	0,803	1,207
11	19		0,249	0,498	0,747	0,996	0,871	1,307
12	19		0,228	0,456	0,684	0,912	0,798	1,197
13	19		0,210	0,420	0,630	0,840	0,735	1,102

CUADRO 17

Valores de η_a para la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z} = 0{,}55$

p : d = 2,5

s mm	d mm	η_z	Junta a solape con n filas de remaches n=1	n=2	n=3	n=4	Doble cubrejuntas con n' filas de remaches n'=2	n'=3
1,5	3	0,714	0,275	0,550	0,825	1,100	0,962	1,444
2	4		0,275	0,550	0,825	1,100	0,962	1,444
2,5	5		0,275	0,550	0,825	1,100	0,962	1,444
3	6		0,275	0,550	0,825	1,100	0,962	1,444
4	8		0,275	0,550	0,825	1,100	0,962	1,444
5	10		0,275	0,550	0,825	1,100	0,962	1,444
6	10		0,206	0,412	0,618	0,824	0,721	1,081
7	13		0,229	0,458	0,687	0,916	0,801	1,202
8	13		0,201	0,402	0,603	0,804	0,703	1,055
9	16		0,219	0,438	0,657	0,876	0,766	1,150
10	16		0,197	0,394	0,591	0,788	0,689	1,034
11	19		0,213	0,426	0,639	0,852	0,745	1,118
12	19		0,195	0,390	0,585	0,780	0,682	1,024
13	19		0,180	0,360	0,540	0,720	0,630	0,945

CUADRO 18

Valores de η_a para la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z} = 0{,}55$

p : d = 4

s mm	d mm	η_z	Junta a solape con n filas de remaches n=1	n=2	n=3	n=4	Doble cubrejuntas con n' filas de remaches n'=2	n'=3
1,5	3	0,750	0,216	0,432	0,648	0,864	0,756	1,134
2	4		0,216	0,432	0,684	0,864	0,756	1,134
2,5	5		0,216	0,432	0,684	0,864	0,756	1,134
3	6		0,216	0,432	0,684	0,864	0,756	1,134
4	8		0,216	0,432	0,684	0,864	0,756	1,134
5	10		0,216	0,432	0,684	0,864	0,756	1,134
6	10		0,180	0,360	0,540	0,720	0,630	0,945
7	13		0,201	0,402	0,603	0,804	0,703	1,055
8	13		0,176	0,352	0,528	0,704	0,616	0,924
9	16		0,192	0,384	0,576	0,768	0,672	1,008
10	16		0,173	0,346	0,519	0,692	0,605	0,908
11	19		0,187	0,374	0,561	0,748	0,654	0,982
12	19		0,171	0,342	0,513	0,684	0,598	0,898
13	19		0,158	0,316	0,474	0,632	0,553	0,829

CUADRO 19

Valores de η_a para la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z} = 0{,}55$

p : d = 4,5

s mm	d mm	η_z	Junta a solape con n filas de remaches n=1	n=2	n=3	n=4	Doble cubrejuntas con n' filas de remaches n'=2	n'=3
1,5	3	0,778	0,192	0,384	0,576	0,768	0,672	1,008
2	4		0,192	0,384	0,576	0,768	0,672	1,008
2,5	5		0,192	0,384	0,576	0,768	0,672	1,008
3	6		0,192	0,384	0,576	0,768	0,672	1,008
4	8		0,192	0,384	0,576	0,768	0,672	1,008
5	10		0,192	0,384	0,576	0,768	0,672	1,008
6	10		0,160	0,320	0,480	0,640	0,560	0,840
7	13		0,178	0,356	0,534	0,712	0,623	0,934
8	13		0,156	0,312	0,468	0,624	0,546	0,899
9	16		0,171	0,342	0,513	0,684	0,598	0,898
10	16		0,153	0,306	0,459	0,612	0,535	0,803
11	19		0,166	0,332	0,498	0,664	0,581	0,871
12	19		0,152	0,304	0,456	0,608	0,532	0,798
13	19		0,140	0,280	0,420	0,560	0,490	0,735

CUADRO 20

Valores de η_a para la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z} = 0{,}55$

p : d = 5

s mm	d mm	η_z	Junta a solape con n filas de remaches n=1	n=2	n=3	n=4	Doble cubrejuntas con n' filas de remaches n'=2	n'=3
1,5	3	0,800	0,172	0,344	0,516	0,688	0,602	0,903
2	4		0,172	0,344	0,516	0,688	0,602	0,903
2,5	5		0,172	0,344	0,516	0,688	0,602	0,903
3	6		0,172	0,344	0,516	0,688	0,602	0,903
4	8		0,172	0,344	0,516	0,688	0,602	0,903
5	10		0,172	0,344	0,516	0,688	0,602	0,903
6	10		0,144	0,288	0,432	0,576	0,504	0,756
7	13		0,160	0,320	0,480	0,640	0,560	0,840
8	13		0,140	0,280	0,420	0,560	0,490	0,735
9	16		0,154	0,308	0,462	0,616	0,539	0,808
10	16		0,138	0,276	0,414	0,552	0,483	0,724
11	19		0,149	0,298	0,447	0,596	0,521	0,782
12	19		0,137	0,274	0,411	0,548	0,479	0,719
13	19		0,126	0,252	0,378	0,504	0,441	0,661

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO 21

Valores de η_a para la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z} = 0{,}55$

p:d=6

s mm	d mm	η_z	Junta a solape con n filas de remaches n=1	n=2	n=3	n=4	Doble cubrejuntas con n' filas de remaches n'=2	n'=3
1,5	3	0,833	0,144	0,288	0,432	0,576	0,504	0,756
2	4		0,144	0,288	0,432	0,576	0,504	0,756
2,5	5		0,144	0,288	0,432	0,576	0,504	0,756
3	6		0,144	0,288	0,432	0,576	0,504	0,756
4	8		0,144	0,288	0,432	0,576	0,504	0,756
5	10		0,144	0,288	0,432	0,576	0,504	0,756
6	10		0,120	0,240	0,360	0,480	0,420	0,630
7	13		0,134	0,268	0,402	0,536	0,469	0,703
8	13		0,117	0,234	0,351	0,468	0,409	0,614
9	16		0,128	0,256	0,384	0,512	0,448	0,672
10	16		0,115	0,230	0,345	0,460	0,402	0,604
11	19		0,124	0,248	0,372	0,496	0,434	0,651
12	19		0,114	0,228	0,342	0,456	0,399	0,598
13	19		0,105	0,210	0,315	0,420	0,367	0,551

CUADRO 22

Valores de η_a para la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z} = 0{,}55$

p:d=7

s mm	d mm	η_z	Junta a solape con n filas de remaches n=1	n=2	n=3	n=4	Doble cubrejuntas con n' filas de remaches n'=2	n'=3
1,5	3	0,857	0,123	0,246	0,369	0,492	0,430	0,646
2	4		0,123	0,246	0,369	0,492	0,430	0,646
2,5	5		0,123	0,246	0,369	0,492	0,430	0,646
3	6		0,123	0,246	0,369	0,492	0,430	0,646
4	8		0,123	0,246	0,369	0,492	0,430	0,646
5	10		0,123	0,246	0,369	0,492	0,430	0,646
6	10		0,103	0,206	0,309	0,412	0,300	0,541
7	13		0,115	0,230	0,345	0,460	0,402	0,604
8	13		0,100	0,200	0,300	0,400	0,350	0,525
9	16		0,110	0,220	0,330	0,440	0,385	0,577
10	16		0,099	0,198	0,297	0,396	0,346	0,520
11	19		0,106	0,212	0,318	0,424	0,371	0,556
12	19		0,090	0,196	0,294	0,392	0,343	0,514
13	19		0,090	0,180	0,270	0,360	0,315	0,472

CUADRO 23

Valores de η_a para la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z} = 0{,}55$

p:d=8

s mm	d mm	η_z	Junta a solape con n filas de remaches n=1	n=2	n=3	n=4	Doble cubrejuntas con n' filas de remaches n'=2	n'=3
1,5	3	0,875	0,108	0,216	0,324	0,432	0,378	0,567
2	4		0,108	0,216	0,324	0,432	0,378	0,567
2,5	5		0,108	0,216	0,324	0,432	0,378	0,567
3	6		0,108	0,216	0,324	0,432	0,378	0,567
4	8		0,108	0,216	0,324	0,432	0,378	0,567
5	10		0,108	0,216	0,324	0,432	0,378	0,567
6	10		0,090	0,180	0,270	0,360	0,315	0,472
7	13		0,100	0,200	0,300	0,400	0,350	0,525
8	13		0,088	0,176	0,264	0,352	0,308	0,462
9	16		0,096	0,192	0,288	0,384	0,336	0,504
10	16		0,086	0,172	0,258	0,344	0,301	0,451
11	19		0,093	0,186	0,279	0,372	0,325	0,488
12	19		0,085	0,170	0,255	0,340	0,297	0,446
13	19		0,079	0,158	0,237	0,316	0,276	0,415

CUADRO 24

Valores de η_a para la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z} = 0{,}8$

p:d=2,5

s mm	d mm	η_z	Junta a solape con n filas de remaches n=1	n=2	n=3	n=4	Doble cubrejuntas con n' filas de remaches n'=2	n'=3
1,5	3	0,600	0,503	1,006	1,509	2,012	1,760	2,641
2	4		0,503	1,006	1,509	2,012	1,760	2,641
2,5	5		0,503	1,006	1,509	2,012	1,760	2,641
3	6		0,503	1,006	1,509	2,012	1,760	2,641
4	8		0,503	1,006	1,509	2,012	1,760	2,641
5	10		0,503	1,006	1,509	2,012	1,760	2,641
6	10		0,419	0,838	1,257	1,676	1,466	2,200
7	13		0,467	0,934	1,401	1,868	1,634	2,452
8	13		0,408	0,816	1,224	1,632	1,428	2,142
9	16		0,447	0,894	1,341	1,788	1,564	2,347
10	16		0,402	0,804	1,206	1,608	1,407	2,110
11	19		0,434	0,868	1,302	1,736	1,519	2,278
12	19		0,398	0,796	1,194	1,592	1,393	2,089
13	19		0,367	0,734	1,101	1,468	1,284	1,927

CUADRO 25

Valores de η_a para la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z} = 0{,}8$

p:d=3

s mm	d mm	η_z	Junta a solape con n filas de remaches n=1	n=2	n=3	n=4	Doble cubrejuntas con n' filas de remaches n'=2	n'=3
1,5	3	0,667	0,419	0,838	1,257	1,676	1,466	2,200
2	4		0,419	0,838	1,257	1,676	1,466	2,200
2,5	5		0,419	0,838	1,257	1,676	1,466	2,200
3	6		0,419	0,838	1,257	1,676	1,466	2,200
4	8		0,419	0,838	1,257	1,676	1,466	2,200
5	10		0,419	0,838	1,257	1,676	1,466	2,200
6	10		0,349	0,698	1,047	1,396	1,221	1,832
7	13		0,389	0,778	1,167	1,556	1,361	2,042
8	13		0,340	0,680	1,020	1,360	1,190	1,785
9	16		0,372	0,744	1,116	1,488	1,302	1,953
10	16		0,335	0,670	1,005	1,340	1,172	1,759
11	19		0,362	0,732	1,086	1,448	1,281	1,900
12	19		0,331	0,662	0,993	1,324	1,158	1,738
13	19		0,306	0,612	0,918	1,224	1,071	1,071

CUADRO 26

Valores de η_a para la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z} = 0{,}8$

p:d=3,6

s mm	d mm	η_z	Junta a solape con n filas de remaches n=1	n=2	n=3	n=4	Doble cubrejuntas con n' filas de remaches n'=2	n'=3
1,5	3	0,714	0,400	0,800	1,200	1,600	1,400	2,100
2	4		0,400	0,800	1,200	1,600	1,400	2,100
2,5	5		0,400	0,800	1,200	1,600	1,400	2,100
3	6		0,400	0,800	1,200	1,600	1,400	2,100
4	8		0,400	0,800	1,200	1,600	1,400	2,100
5	10		0,400	0,800	1,200	1,600	1,400	2,100
6	10		0,299	0,598	0,897	1,196	1,045	1,570
7	13		0,333	0,666	0,999	1,332	1,165	1,748
8	13		0,291	0,582	0,873	1,164	1,018	1,528
9	16		0,319	0,638	0,957	1,276	1,116	1,675
10	16		0,287	0,574	0,861	1,148	1,004	1,507
11	19		0,310	0,620	0,930	1,240	1,085	1,627
12	19		0,284	0,568	0,852	1,136	0,994	1,491
13	19		0,262	0,524	0,786	1,048	0,917	1,375

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO 27

Valores de η_a para la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z} = 0{,}8$

p·d = 4

s mm	d mm	η_z	Junta a solapo con n filas de remaches n=1	n=2	n=3	n=4	Doble cubrejuntas con n° filas de remaches n°=2	n°=3
1,5	3	0,750	0,314	0,628	0,942	1,256	1,099	1,648
2	4		0,314	0,628	0,942	1,256	1,099	1,648
2,5	5		0,314	0,628	0,942	1,256	1,099	1,648
3	6		0,314	0,628	0,942	1,256	1,099	1,648
4	8		0,314	0,628	0,942	1,256	1,099	1,648
5	10		0,314	0,628	0,942	1,256	1,099	1,648
6	10		0,262	0,524	0,786	1,048	0,917	1,375
7	13		0,292	0,584	0,876	1,168	1,022	1,533
8	13		0,255	0,510	0,765	1,020	0,892	1,339
9	16		0,279	0,558	0,837	1,116	0,976	1,465
10	16		0,251	0,502	0,755	1,004	0,878	1,318
11	19		0,271	0,542	0,813	1,084	0,948	1,423
12	19		0,249	0,498	0,747	0,996	0,871	1,307
13	19		0,229	0,458	0,687	0,916	0,801	1,202

CUADRO 28

Valores de η_a para la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z} = 0{,}8$

p·d = 4,5

s mm	d mm	η_z	Junta a solapo con n filas de remaches n=1	n=2	n=3	n=4	Doble cubrejuntas con n° filas de remaches n°=2	n°=3
1,5	3	0,778	0,279	0,558	0,837	1,116	0,976	1,465
2	4		0,279	0,558	0,837	1,116	0,976	1,465
2,5	5		0,279	0,558	0,837	1,116	0,976	1,465
3	6		0,279	0,558	0,837	1,116	0,976	1,465
4	8		0,279	0,558	0,837	1,116	0,976	1,465
5	10		0,279	0,559	0,837	1,116	0,976	1,465
6	10		0,233	0,466	0,699	0,932	0,815	1,223
7	13		0,259	0,518	0,777	1,036	0,906	1,360
8	13		0,227	0,454	0,681	0,908	0,794	1,192
9	16		0,248	0,496	0,744	0,992	0,868	1,302
10	16		0,223	0,446	0,669	0,892	0,780	1,171
11	19		0,241	0,482	0,723	0,964	0,843	1,265
12	19		0,221	0,442	0,663	0,884	0,773	1,160
13	19		0,204	0,408	0,612	0,816	0,714	1,071

CUADRO 29

Valores de η_a para la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z} = 0{,}8$

p·d = 5

s mm	d mm	η_z	Junta a solapo con n filas de remaches n=1	n=2	n=3	n=4	Doble cubrejuntas con n° filas de remaches. n°=2	n°=3
1,5	3	0,800	0,251	0,502	0,753	1,004	0,878	1,312
2	4		0,251	0,502	0,753	1,004	0,878	1,312
2,5	5		0,251	0,502	0,753	1,004	0,878	1,312
3	6		0,251	0,502	0,753	1,004	0,878	1,312
4	8		0,251	0,502	0,753	1,004	0,878	1,312
5	10		0,251	0,502	0,753	1,004	0,878	1,312
6	10		0,209	0,418	0,627	0,836	0,731	1,097
7	13		0,233	0,466	0,699	0,932	0,815	1,223
8	13		0,204	0,408	0,612	0,816	0,714	1,071
9	16		0,223	0,446	0,669	0,892	0,780	1,171
10	16		0,201	0,402	0,603	0,804	0,703	1,055
11	19		0,217	0,434	0,651	0,868	0,759	1,139
12	19		0,199	0,398	0,597	0,796	0,696	1,045
13	19		0,184	0,368	0,552	0,736	0,644	0,966

CUADRO 30

Valores de η_a para la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z} = 0{,}8$

p·d = 6

s mm	d mm	η_z	Junta a solapo con n filas de remaches n=1	n=2	n=3	n=4	Doble cubrejuntas con n° filas de remaches n°=2	n°=3
1,5	3	0,833	0,209	0,418	0,627	0,836	0,731	1,097
2	4		0,209	0,418	0,627	0,836	0,731	1,097
2,5	5		0,209	0,418	0,627	0,836	0,731	1,097
3	6		0,209	0,418	0,627	0,836	0,731	1,097
4	8		0,209	0,418	0,627	0,836	0,731	1,097
5	10		0,209	0,418	0,627	0,836	0,731	1,097
6	10		0,174	0,348	0,522	0,696	0,609	0,913
7	13		0,194	0,388	0,582	0,776	0,679	1,018
8	13		0,170	0,340	0,510	0,680	0,595	0,892
9	16		0,186	0,372	0,558	0,744	0,651	0,976
10	16		0,167	0,334	0,501	0,668	0,584	0,877
11	19		0,181	0,362	0,543	0,724	0,633	0,950
12	19		0,166	0,332	0,498	0,664	0,581	0,871
13	19		0,153	0,306	0,459	0,612	0,535	0,803

CUADRO 31

Valores de η_a para la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z} = 0{,}8$

p·d = 7

s mm	d mm	η_z	Junta a solapo con n filas de remaches n=1	n=2	n=3	n=4	Doble cubrejuntas con n° filas de remaches n°=2	n°=3
1,5	3	0,857	0,179	0,358	0,537	0,716	0,626	0,940
2	4		0,179	0,358	0,537	0,716	0,626	0,940
2,5	5		0,179	0,358	0,537	0,716	0,626	0,940
3	6		0,179	0,358	0,537	0,716	0,626	0,940
4	8		0,179	0,358	0,537	0,716	0,626	0,940
5	10		0,179	0,358	0,537	0,716	0,626	0,940
6	10		0,150	0,300	0,450	0,600	0,525	0,787
7	13		0,167	0,334	0,501	0,668	0,584	0,877
8	13		0,146	0,292	0,438	0,584	0,511	0,766
9	16		0,160	0,320	0,480	0,640	0,560	0,840
10	16		0,144	0,288	0,432	0,576	0,504	0,756
11	19		0,155	0,310	0,465	0,620	0,542	0,814
12	19		0,142	0,284	0,426	0,568	0,497	0,745
13	19		0,131	0,262	0,393	0,524	0,458	0,688

CUADRO 32

Valores de η_a para la relación $\frac{\tau_a}{\sigma_z} = 0{,}8$

p·d = 8

s mm	d mm	η_z	Junta a solapo con n filas de remaches n=1	n=2	n=3	n=4	Doble cubrejuntas con n° filas de remaches n°=2	n°=3
1,5	3	0,875	0,157	0,314	0,471	0,628	0,549	0,824
2	4		0,157	0,314	0,471	0,628	0,549	0,824
2,5	5		0,157	0,314	0,471	0,628	0,549	0,824
3	6		0,157	0,314	0,471	0,628	0,549	0,824
4	8		0,157	0,314	0,471	0,628	0,549	0,824
5	10		0,157	0,314	0,471	0,628	0,549	0,824
6	10		0,131	0,262	0,393	0,524	0,458	0,688
7	13		0,146	0,292	0,438	0,584	0,511	0,766
8	13		0,128	0,256	0,384	0,512	0,448	0,672
9	16		0,140	0,280	0,420	0,560	0,490	0,735
10	16		0,126	0,252	0,378	0,504	0,441	0,661
11	19		0,136	0,272	0,408	0,544	0,476	0,714
12	19		0,124	0,248	0,372	0,496	0,434	0,651
13	19		0,115	0,230	0,345	0,460	0,402	0,604

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Método comparativo

En este método —que es el más usado en la práctica— cada elemento estructural se determina por los procedimientos normales en los buques de acero, y se hace a continuación la substitución de estos elementos por los de resistencia equivalente de aleación ligera. Se distinguirán varios casos, según la posición y forma de trabajo de la estructura que se quiere substituir, considerándose los siguientes:

Casco principal.
Superestructuras.
Miembros aislados.
Elementos secundarios.

Casco

Tratándose de la estructura principal del casco sometida a flexión longitudinal, el módulo resistencia de la sección deberá ser:

$$W_{al} = \frac{M}{\sigma_{al}}$$

y como en el casco de acero

$$W_{ac} = \frac{M}{\sigma_{ac}}$$

se tendrá

$$W_{al} = W_{ac}\frac{\sigma_{ac}}{\sigma_{al}} = W_{ac}\frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}} \quad (23)$$

es decir, el módulo debe ser incrementado en la relación de los límites elásticos del acero y la aleación empleada, y, puesto que las dimensiones generales son las mismas, los espesores deberán aumentarse en la misma proporción y, por lo tanto,

$$s_{al} = s_{ac}\frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}} \quad (14)$$

Los elementos de la cubierta sometidos a compresión están expuestos al pandeo. Para conseguir igual índice de seguridad respecto a éste, puede considerarse la plancha como columna de longitud igual a la clara de cuadernas (24) y entonces

$$\sigma_{al} = \frac{\sigma_{E_{al}}}{\nu} = K\frac{E_{al}}{\left(\frac{l_{al}}{s_{al}}\right)^2}$$

$$\sigma_{ac} = \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\nu} = K\frac{E_{ac}}{\left(\frac{l_{ac}}{s_{ac}}\right)^2}$$

de donde

$$\frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}} = \frac{E_{al}}{E_{ac}}\cdot\frac{\left(\frac{l_{ac}}{s_{ac}}\right)^2}{\left(\frac{l_{al}}{s_{al}}\right)^2}$$

y

$$\frac{s_{al}}{l_{al}} = \frac{s_{ac}}{s_{ac}}\sqrt{\frac{E_{ac}}{E_{al}}\times\frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}}} \quad (15)$$

La consideración simultánea de las condiciones [14] y [15] resuelven el problema de la substitución de los elementos de acero sometidos a flexión longitudinal por sus equivalentes de aleación ligera.

Tomando las relaciones:

$$\frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}} = 0{,}5 - 0{,}6 - 0{,}7 - 0{,}8 - 0{,}9 - 1{,}0 - 1{,}1$$

se obtienen los valores del Cuadro 33.

CUADRO 33

$\sigma_{E_{al}} : \sigma_{E_{ac}}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
$s_{al} : s_{ac}$	2,00	1,67	1,43	1,25	1,11	1,00	0,91
$\frac{s_{al}}{l_{al}} : \frac{s_{ac}}{l_{ac}}$	1,225	1,342	1,449	1,549	1,643	1,732	1,817

por el que se deduce que para una aleación en la que

$$\sigma_{E_{al}} \approx 0{,}7 \times \sigma_{E_{ac}} = 16{,}1 \text{ kg. mm}^2 \quad (25)$$

y a igualdad de la clara de cuadernas $l_{al} = l_{ac}$ se consigue, con un aumento de espesor del 44 %, la misma resistencia a la flexión y al pandeo que en el buque de acero.

Con una aleación de inferior resistencia e igual clara de cuadernas, el aumento de espesor por el pandeo es menor, pero la consideración de la flexión obliga a aumentar el espesor. Si se utiliza una aleación inferior y se da el espesor que corresponde por la flexión, el mayor margen de seguridad para el pandeo permitiría aumentar la clara de cuadernas hasta que la resistencia al

---

(23) Otros autores toman para la relación de las tensiones admisibles el valor σ Rac : σ Ral de las relaciones de las cargas de rotura, pero por las consideraciones hechas al fijar los coeficientes de seguridad, nos parece más conveniente tomar la relación de los límites elásticos de ambos materiales.

(24) Este criterio de comparación proporciona valores para los espesores superiores, a los que da la experimentación directa, como puede comprobarse fácilmente observando las cifras del Cuadro 11 tomadas del trabajo de Muckle sobre el pandeo de planchas de aleaciones ligeras ya citado.

(25) Exactamente $\frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}} = \sqrt[3]{\frac{E_{al}}{E_{ac}}} = \sqrt[3]{1:3} = 0{,}6934$

$\sigma_{E_{al}} = 15{,}95 \text{ kg. mm}^2$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

pandeo y a la flexión fueran equivalentes. Las claras límites serían (26):

$\sigma_{E_{al}} : \sigma_{E_{ac}}$	0,5	0,6	0,7
$l_{al} : l_{ac}$	1,63	1,25	$0,98 \approx 1$

Si se altera la clara hasta estos límites, la resistencia transversal se empeora, y habría que aumentar entonces el módulo de la cuaderna, debiendo estudiarse en cada caso si la reducción del número de cuadernas compensa el aumento de peso de cada cuaderna.

Si se emplea una aleación de mayor resistencia, el aumento de espesor por la flexión longitudinal es menor; pero a igualdad de claras de cuadernas, el espesor debe aumentarse para evitar el pandeo; en este caso, lo que rige el espesor es el pandeo, mientras que en el anteriormente considerado era la flexión.

Si el espesor se determina por la flexión, puede conseguirse igual resistencia al pandeo disminuyendo la clara de cuadernas, según las cifras siguientes:

$\sigma_{E_{al}} : \sigma_{E_{ac}}$	0,8	0,9	1,0
$l_{al} : l_{ac}$	0,81	0,68	0,57

Una reducción de la clara mejoraría la resistencia transversal, y se podrían adoptar cuadernas de menores escantillones, aunque en mayor número.

Las curvas 1, 2 y 3 de la fig. 6, representan los valores de $\frac{s_{al}}{s_{ac}}$, $\frac{s_{al}}{l_{ac}} : \frac{s_{ac}}{l_{ac}}$ y $\frac{l_{al}}{l_{ac}}$ límites, respectivamente, en función de la relación $\frac{\sigma_{Eal}}{\sigma_{Eac}}$.

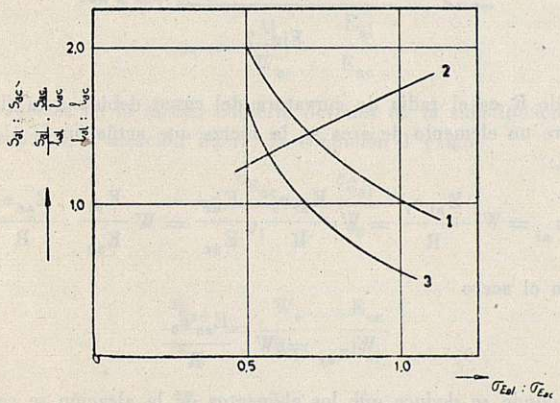


Fig. 6

(26) De la sustitución de [14] y [15] se obtiene

$$\frac{l_{al}}{l_{ac}} = \sqrt{\frac{E_{al}}{E_{ac}} \times \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}}}$$

Aceptando para las aleciones ligeras y para el acero los siguientes valores para el peso específico

$\gamma_{al} = 2{,}685$ kg. dm^{-3} (promedio)
$\gamma_{ac} = 7{,}850$ kg. dm^{-3}
$\frac{\gamma_{al}}{\gamma_{ac}} = 0{,}3421$

la relación de pesos de la estructura de aleación a la de acero, según se dimensione por la consideración de la flexión o la del pandeo, se dan en el Cuadro 34.

CUADRO 34. — Relación de pesos

$\sigma_{E_{al}} : \sigma_{E_{ac}}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
$P_{al} : P_{ac}$ (flexión)	0,684	0,571	0,489	0,428	0,380	0,342	0,311
$P_{al} : P_{ac}$ (Pandeo $l_{al}=l_{ac}$)	0,419	0,459	0,496	0,530	0,562	0,593	0,622

lo que representa un ahorro de peso en % según las cifras del Cuadro 35.

CUADRO 35. — Ahorro de peso en %

$\sigma_{E_{al}} : \sigma_{E_{ac}}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
Ahorro de peso (flexión)	31,6	42,9	51,1	57,2	62,0	65,8	68,9
Ahorro de peso (Pandeo $l_{al}=l_{ac}$)	58,1	54,1	50,4	47,0	43,8	40,7	37,8

En el fondo, además de la flexión, deberán tenerse en cuenta los esfuerzos debidos a la presión hidrostática. Llamando p a la presión, el momento máximo debido a esta presión valdría

$$M = \frac{p l^2}{12} \varphi \qquad (17)$$

siendo φ una función de la relación $\frac{l}{b}$ de la clara a la distancia entre vagras o refuerzos longitudinales; por tanto,

$$\text{esfuerzo debido a la presión hidrostática} = \frac{M}{\text{Módulo}} =$$

$$= \frac{p l^2}{12} \varphi \frac{6}{s^2} = \frac{p l^2}{2 s^2} \varphi = \sigma_2$$

y designando por σ_1 el esfuerzo directo debido a la flexión longitudinal, el esfuerzo total en el fondo sería

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = \sigma_1 + \frac{p l^2}{2 s^2} \varphi \qquad (18)$$

y si se han determinado los espesores por la equivalencia de los esfuerzos debido a la flexión longitudinal, o sea:

$$\frac{s_{al}}{s_{ac}} = \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}} = \frac{\sigma_{1_{ac}}}{\sigma_{1_{al}}} \qquad (19)$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

para que en el fondo se tenga la misma a superior resistencia deberá verificarse:

$$\frac{\sigma_{al}}{\sigma_{ac}} \leqslant \frac{\sigma_{F_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}}$$

o bien:

$$\frac{\sigma^2_{al}}{\sigma^2_{ac}} \leqslant \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}}$$

es decir:

$$\frac{\frac{p\,l^2_{al}}{2\,s^2_{al}}\,\varphi_{al}}{\frac{p\,l^2_{ac}}{2\,s^2_{ac}}\,\varphi_{ac}} \leqslant \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}}$$

$$\frac{l^2_{al}}{l^2_{ac}} \cdot \frac{s^2_{ac}}{s^2_{al}} \cdot \frac{\varphi_{al}}{\varphi_{ac}} \leqslant \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}} \qquad (20)$$

y teniendo en cuenta [19]:

$$\frac{l^2_{al}}{l^2_{ac}} \cdot \frac{\sigma^2_{E_{al}}}{\sigma^2_{E_{ac}}} \cdot \frac{\varphi_{al}}{\varphi_{ac}} \leqslant \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}}$$

$$\frac{l^2_{al}}{l^2_{ac}} \cdot \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}} \cdot \frac{\varphi_{al}}{\varphi_{ac}} \leqslant 1 \qquad (21)$$

A igualdad de claras de cuadernas y para la misma separación de las vagras:

$$\frac{l_{al}}{l_{ac}} = \frac{\varphi_{al}}{\varphi_{ac}} = 1$$

y la condición [20] se verifica para cualquier aleación en que

$$\frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{al}}} \leqslant 1$$

que es el caso más frecuente.

Si, además, se tiene en cuenta la clara óptima, substituyendo [16] en [21] se tendrá:

$$\frac{E_{al}}{F_{ac}} \cdot \left(\frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}}\right)^3 \cdot \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}} \cdot \frac{\varphi_{al}}{\varphi_{ac}} \leqslant 1$$

$$\frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot \left(\frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}}\right)^2 \leqslant \frac{\varphi_{ac}}{\varphi_{al}} \qquad (22)$$

La función φ depende de la relación $\frac{b}{l}$ de los lados del panel de plancha considerado; para valores inferiores a $\frac{1}{3}$, vale, según Pietzker, 1, y, como esta condición se cumple prácticamente en la mayoría de los casos, la expresión [22] se convierte en:

$$\frac{E_{al}}{E_{ac}} \left(\frac{\sigma_{F_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}}\right)^2 \leqslant 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}}\right)^2 \geqslant \frac{E_{al}}{E_{ac}} \approx \frac{1}{3} = 0,\widehat{3} \qquad (23)$$

que se cumple ya a partir de

$$\sigma_{E_{al}} = \frac{\sqrt{3}}{3}\,\sigma_{E_{ac}} = 0{,}577\,\sigma_{E_{ac}} \approx 13{,}3 \text{ kgs. mm}^{-2}$$

es decir: en la mayor parte de las aleaciones que se emplean en construcción naval, de donde se deduce que empleando aleaciones σ_{Eal} 13,3 kg. mm^{-2} bastará considerar solamente la flexión longitudinal, sin tener en cuenta la presión hidrostática sobre el fondo, porque, al hacer la substitución de las planchas del fondo por la equivalencia de la resistencia longitudinal, la condición de equivalencia de resistencia a la presión hidrostática se cumple automáticamente.

Superestructuras

La desigualdad de módulos de elasticidad del acero y una aleación ligera determina una solución de continuidad en la línea de tensiones al pasar del acero a la aleación en una estructura mixta La teoría de la flexión simple nos da, en efecto, para los esfuerzos en un punto de la superestructura a la distancia e_1 del eje neutro (fig. 7) y en un punto del casco a la distancia e_2 los valores siguientes:

$$\sigma_{al} = \frac{E_{al}\,e_1}{R}$$

$$\sigma_{al} = \frac{E_{ac}\,e_2}{R}$$

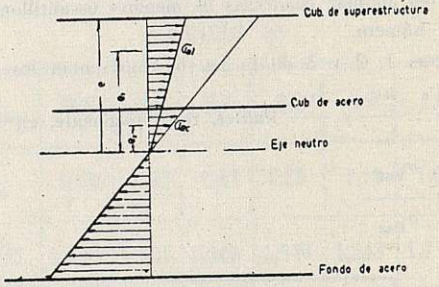


Fig. 7

donde R es el radio de curvatura del casco debido a la flexión. Sobre un elemento de área w, la fuerza que actúa en la aleación será:

$$W\,\sigma_{al} = W\,\frac{E_{al}\,e_1}{R} = W\,\frac{E_{al}\,e_1}{R}\cdot\frac{E_{ac}}{E_{ac}} = W\,\frac{E_{al}}{E_{ac}}\cdot\frac{E_{ac}\,e_1}{R} \qquad (24)$$

y en el acero

$$W\,\sigma_{ac} = W \cdot \frac{E_{ac}\,e_2}{R} \qquad (25)$$

de donde se deduce que los elementos de la aleación se comportan como si fuesen de acero, pero de sección

$$W\,\frac{E_{al}}{E_{ac}} \qquad (26)$$

Por consiguiente, la sección mixta de acero y aleación (27)

(27) Esto es general para cualquier construcción mixta, evidentemente.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

puede ser considerada como toda de acero con tal de tomar las áreas de la aleación multiplicada por la relación de los módulos de elasticidad de la aleación y el acero $\left(\approx \frac{1}{3}\right)$. Al módulo resistente que resulta calculado de esta manera se le llama módulo de la sección equivalente de acero = W_e.

Se calcularían los esfuerzos en la superestructura equivalente de acero por

$$\sigma = \frac{M}{W_e}$$

y el esfuerzo real en la aleación sería entonces:

$$\sigma_{al} = \frac{M}{W_e} \cdot \frac{E_{al}}{E_{ac}} \qquad (27)$$

Como la posición de la fibra neutra de la sección equivalente de acero baja respecto a la del buque de acero, por tomarse las áreas de la superestructura multiplicadas por $\frac{1}{3}$, los esfuerzos en la cubierta superior de acero aumentarán, y, por esta razón, deberán cumplirse los siguientes requisitos al hacer la substitución de la superestructura de acero:

1, los esfuerzos máximos en las fibras más cargadas de la aleación deben ser equivalentes a los primitivos en el acero.

2, debe conseguirse la misma seguridad respecto al pandeo en la cubierta de la superestructura.

3, los esfuerzos en el casco de acero no deberán superar a los que se obtendrían si toda la estructura fuese de acero, y

4, las cargas de pandeo en la cubierta de acero no deberán exceder las cargas críticas correspondientes a este material.

Designando por:

$$\sigma_1 = \frac{M}{W_1}$$

los esfuerzos originales en la cubierta de acero de la superestructura;

$$\sigma_2 = \frac{M}{W_e} \cdot \frac{E_{al}}{E_{ac}}$$

los esfuerzos en la misma cubierta después de la substitución del acero por una aleación ligera, la condición 1 exige:

$$\nu = \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_1} = \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_2}$$

o sea

$$\frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}} = \frac{W_e}{W_1} \cdot \frac{E_{ac}}{E_{al}}$$

$$\frac{W_e}{W_1} = \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}} \cdot \frac{E_{al}}{E_{ac}} \qquad (28)$$

Si llamamos:

F_o = área de la sección del casco de acero, sin superestructura

J_o = momento de inercia de esta sección respecto a su eje neutro propio

e_o = distancia de su eje neutro a la cubierta superior de acero

F_a = área de la sección de la superestructura de aleación ligera

h = altura del c. de g. de F_a sobre la cubierta superior de acero

J_a = momento de inercia propio

el módulo equivalente W_e se calculará de la forma ordinaria, según el detalle del Cuadro 36.

CUADRO 36.—Cálculo φ_o

Elementos	Areas F	Distancias respecto al eje neutro del casco e	Momentos estáticos e.F	$e^2.F$	Momentos de inercia propios J
Casco	F_o	–	–	–	J_o
Superestructura	$\frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a$	$e_o + h$	$(e_o+h)\frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a$	$(e_o+h)^2 \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a$	J_a
Total	$F_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a$	–	$(e_o+h)\frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a$	$(e_o+h)^2 \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a$	$J_o + J_a$

$$F_e = F_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a$$

$$M_e = (e_o + h)\frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a$$

$$\varphi = \frac{M_e}{F_e} = \frac{(e_o+h)\frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a}{F_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a}$$

$$J = J_o + J_a + (e_o + h)^2 \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a$$

$$J_e = J - \varphi^2 F_e = J_o + J_a + (e_o + h)^2 \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a - \frac{(e_o+h)^2 \left(\frac{E_{al}}{E_{ac}}\right)^2 F_a^2}{F_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a} =$$

$$= \frac{J_o\left(F_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} F_a\right) + J_a\left(F_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a\right) + (e_o+h)^2 \frac{E_{al}}{E_{ac}} F_o F_a}{F_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a}$$

$e_c = e_o + h - \gamma$ (Suponiendo concentrada F_a en la cubierta de la superestrutura) =

$$= e_o + h - \frac{(e_o+h)\frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a}{F_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} F_a} = \frac{(e_o+h)F_o}{F_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a}$$

$$W'_e = \frac{J_e}{e_c} = \frac{J_o\left(F_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a\right) + J_a\left(F_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a\right) + (e_o+h)^2 \frac{E_{al}}{E_{ac}} F_o F_a}{(e_o+h)F_o}$$

y despreciando J_a ante J_o, tendremos finalmente

$$W'_e = \frac{J_o\left(F_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a\right) + (e_o+h)^2 \frac{E_{al}}{E_{ac}} F_o F_a}{(e_o+h)F_o} \qquad (29)$$

Teniendo en cuenta la condición [28] tendremos:

$$\frac{J_o\left(F_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a\right) + (e_o+h)^2 \frac{E_{al}}{E_{ac}} F_o F_a}{(e_o+h) F_o} = W_1 \cdot \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}} \cdot \frac{E_{al}}{E_{ac}} \qquad (30)$$

expresión que nos permite despejar F_a en función de los datos conocidos, de manera que la condición 1 queda satisfecha:

$$J_o F_o + J_o \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a + (e_o+h)^2 \cdot \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_o \cdot F_a =$$

$$= (e_o + h) F_o \cdot W_1 \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}} \cdot \frac{E_{al}}{E_{ac}}$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

$$F_a = \frac{(e_0 + h)\, F_0\, W_1 \cdot \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{F_{al}}} \cdot \frac{E_{al}}{E_{ac}} - J_0 \cdot F_0}{\frac{E_{al}}{E_{ac}} \left[J_0 + (e_0 + h)^2\, F_0 \right]} =$$

$$= \frac{(e_0 + h)\, W_1 \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}} - J_0 \frac{E_{ac}}{E_{al}}}{\frac{J_0}{F_0} + (e_0 + h)^2} \qquad (31)$$

Llamando f_0 a la sección original de la superestructura de acero, obtendríamos de la misma manera

$$W_1 = \frac{J_0 (F_0 + f_0) + (e_0 + h)^2\, F_0 f_0}{(e_0 + h)\, F_0}$$

y

$$f_0 = \frac{(e_0 + h)\, W_1 - J_0}{\frac{J_0}{F_0} + (e_0 + h)^2} \qquad (32)$$

Comparando [31] y [32]

$$\frac{F_a}{f_0} = \frac{(e_0 + h)\, W_1 \cdot \frac{\sigma_{F_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}} - J_0 \cdot \frac{E_{ac}}{E_{al}}}{(e_0 + h)\, W_1 - J_0} \qquad (33)$$

que nos da la relación de áreas, y como las dimensiones generales del buque se suponen las mismas, los espesores serán proporcionales a las áreas, y

$$\frac{\sigma_{al}}{\sigma_{ac}} = \frac{F_a}{f_0} \qquad (34)$$

pero la condición 2, a igualdad de claras de cuadernas, exige:

$$\frac{s_{al}}{s_{ac}} \geqslant \sqrt{\frac{E_{ac}}{E_{al}} \cdot \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}}} \qquad (35)$$

o sea,

$$\frac{(e_0 + h)\, W_1 \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}} - J_0 \frac{E_{ac}}{E_{al}}}{(e_0 + h)\, W_1 - J_0} \geqslant \sqrt{\frac{E_{ac}}{E_{al}} \cdot \frac{\sigma_{F_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}}} \qquad (36)$$

de donde

$$(e_0 + h)\, W_1 \cdot \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}} - J_0 \cdot \frac{E_{ac}}{E_{al}} \geqslant (e_0 + h)\, W_1 \sqrt{\frac{E_{ac}}{E_{al}} \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}}} -$$

$$- J_0 \sqrt{\frac{E_{ac}}{E_{al}} \cdot \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}}}$$

$$J_0 \left(\sqrt{\frac{E_{ac}}{E_{al}} \cdot \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}}} - \frac{E_{ac}}{E_{al}} \right) \geqslant$$

$$\geqslant (e_0 + h)\, W_1 \left(\sqrt{\frac{E_{ac}}{E_{al}} \cdot \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{ac}}} - \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{F_{al}}} \right)$$

$$\frac{J_0}{(e_0 + h)\, W_1} \geqslant \frac{\sqrt{\frac{E_{ac}}{E_{al}} \cdot \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}}} - \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}}}{\sqrt{\frac{E_{ac}}{E_{al}} \cdot \frac{\sigma_{F_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}}} - \frac{E_{ac}}{E_{al}}} \qquad (37)$$

Para valores de $\frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}}$ tales que

$$\frac{1}{\sqrt[3]{\frac{E_{al}}{E_{ac}}}} < \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}} < \frac{E_{ac}}{E_{al}}$$

el segundo miembro de [37] es negativo, y, como el primer miembro es siempre positivo, se deduce que, empleando una aleación de:

$$\sigma_{E_{al}} \geqslant \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sqrt[3]{\frac{E_{ac}}{E_{al}}}} = \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sqrt[3]{3}} = 0{,}6934\ \sigma_{E_{ac}} = 15{,}95 \approx$$

$$\approx 16\ \text{kg/mm}^2$$

no existe peligro de pandeo en la superestructura, dimensionada según la expresión [31].

Si se emplea una aleación de resistencia inferior, habrá que considerar el pandeo calculando el espesor y viendo si cumple la condición [35], lo que es más cómodo que operar con la condición [37] (28). En caso de resultado negativo, deberá dimensionarse la superestructura por la expresión [35], o se cambiará la clara de cuadernas, según aconseje un estudio de pesos detallado.

La variación de la posición del eje neutro a que antes aludi-

(28) Si se desea utilizar esta condición [37], el gráfico de la figura 8 da los valores correspondientes de

$$\frac{\sqrt{\frac{F_{ac}}{E_{al}} \cdot \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}} - \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}}}}{\sqrt{\frac{E_{ac}}{E_{al}} \cdot \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}} - \frac{E_{ac}}{E_{al}}}}$$ para aleaciones de

$$0{,}5 < \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}} < 0{,}6934$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

mos, aconseja ahora comprobar que los requisitos 3 y 4 enumerados se cumplen, porque, de no ser así, deberán hacerse las correcciones pertinentes en los espesores para ajustarse a los mismos.

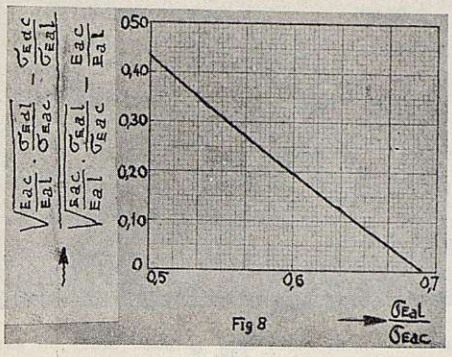


Fig 8

La distancia de la cubierta de acero al nuevo eje neutro es:

$$e' = e_0 - \alpha = e_0 - \frac{(e_0 + h)\frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a}{F_0 + \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a} = \frac{e_0 F_0 - h\frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a}{F_0 + \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a} \qquad (38)$$

y el módulo resistente en esta cubierta será:

$$W' = \frac{J}{e'} = \frac{J_0\left(F_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a\right) + \left(e_o + h\right)^2 \cdot \frac{E_{al}}{E_{ac}} F_o F_a}{e_o F_o - h \cdot \frac{E_{al}}{E_{ac}} F_a} \qquad (39)$$

Si este valor es inferior al mínimo deseado, para que el requisito 3 se cumpla, se pueden seguir dos procedimientos para llegar al valor necesario de W': 1.º, aumentar F_a, que hace aumentar el numerador y disminuir el denominador de [39]; 2.º, aumentar el espesor de esta cubierta de acero. Este segundo método parece el más económico y deberá utilizarse, por tanto, siempre que sea posible, es decir, en el caso de que se trate todavía de un proyecto y no de un buque construído, cuya superestructura quiere substituirse por la equivalente de aleación ligera.

El problema consiste entonces en determinar con qué área φ_o de acero hay que suplementar esta cubierta para que el módulo resistente en ella alcance el valor W deseado. El cálculo se hará de una manera análoga al anterior, según el detalle del Cuadro 37.

Con esta expresión [41] se calculará φ_o y se determinará el nuevo espesor de la cubierta de acero. Debe comprobarse a continuación el pandeo, que podrá hacerse directamente por medio de las fórmulas admitidas, o por comparación.

Si F_a se había calculado por la expresión [31], al introducir el área adicional φ_o, el módulo W_e en la cubierta de la superestructura se habrá alterado, y, si se quieren afinar los cálculos, habrá que repetirlos con el nuevo valor de W_e, y, procediendo por substituciones sucesivas, llegar a un compromiso entre los valores F_a y φ_o, hasta que los requisitos fundamentales se verifiquen en los valores mínimos admisibles.

CUADRO 37.—Cálculo φ_o

Elementos	Areas F	Distancia al eje neutro del casco e	Momentos estáticos e.F	$e^2.F$	Momentos de inercia propios J
Casco	F_o	–	–	–	J_o
Area suplementaria	φ_o	e_o	$e_o \varphi_o$	$e_o^2 \varphi_o$	φ_o
Superestructura	$\frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a$	$e_o + h$	$(e_o+h)\frac{E_{al}}{E_{ac}} F_a$	$(e_o+h)^2 \frac{E_{al}}{E_{ac}} F_a$	φ_o

$$F = F_o + \varphi_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} F_a$$

$$M = e_o \varphi_o + (e_o + h)\frac{E_{al}}{E_{ac}} F_a$$

$$v = \frac{M}{F} = \frac{e_o \varphi_o + (e_o + h)\frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a}{F_o + \varphi_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a}$$

$$J = J_o + e_o^2 \varphi_o + F_o + (e_o + h)^2 \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a - v^2 F$$

$$e = e_o - v = \frac{e_o F_o - h\frac{E_{al}}{E_{ac}} F_a}{F_o + \varphi_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a}$$

$$W = \frac{J}{e} = \frac{\left(F_o + \varphi_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a\right)\left[J_o + e_o^2 \varphi_o + (e_o+h)^2 \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a\right] - \left[e_o \varphi_o + (e_o + h)\frac{E_{al}}{E_{ac}}\right]^2}{e_o F_o - h \frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a} \qquad (40)$$

Despejando en (40) φ_o, tendremos

$$e_o F_o W - h\frac{E_{al}}{E_{ac}} \cdot F_a W = F_o J_o + e_o^2 F_o \varphi_o + (e_o+h)^2 \frac{E_{al}}{E_{ac}} F_a F_o + \varphi_o J_o + e_o^2 \varphi_o^2 +$$

$$+ (e_o + h)^2 \frac{E_{al}}{E_{ac}} F_a \varphi_o + \frac{E_{al}}{E_{ac}} F_a J_o + e_o^2 \varphi_o \frac{E_{al}}{E_{ac}} F_a + (e_o+h)^2 \left(\frac{E_{al}}{E_{ac}}\right)^2 F_a^2 -$$

$$- e_o^2 \varphi_o^2 - (e_o + h)^2 \left(\frac{E_{al}}{E_{ac}}\right)^2 F_a^2 - 2e_o(e_o+h)\frac{E_{al}}{E_{ac}} F_a \varphi_o$$

$$F_a\left(e_o W - J_o\right) - \frac{E_{al}}{E_{ac}} F_a\left[hW + (e_o + h)^2 F_o + J_o\right] = \varphi_o\left(e_o^2 F_o + J_o + h^2 \frac{E_{al}}{E_{ac}} F_a\right)$$

$$\varphi_o = \frac{F_o(e_o W - J_o) - \frac{E_{al}}{E_{ac}} F_a\left[hW + (e_o + h)^2 F_o + J_o\right]}{e_o^2 F_o + J_o + h^2 \frac{E_{al}}{E_{ac}} F_a} \qquad (41)$$

Si, como es probable, la carga determinante en la cubierta de acero es la de pandeo, el nuevo espesor de esta cubierta puede calcularse *a priori* y F_a puede obtenerse despejándola de [41] en función de φ_o, siendo:

$$\frac{E_{al}}{E_{ac}} F_a = \frac{F_o\left(e_o W - J_o - (e_o^2 F_o + J_o)\right)\varphi_o}{h^2 \varphi_o + h W + (e_o + h)^2 F_o + J_o} \qquad (42)$$

expresión que cumple, además, los requisitos 1 y 2.

Miembros aislados

El cálculo de elementos estructurales aislados de aleación ligera por comparación con los correspondientes de acero, no ofrece dificultad alguna; el criterio de comparación será el de igualdad de los factores de seguridad. Con las notaciones ya empleadas anteriormente, se tendrá:

Miembros sometidos a tracción o compresión pura:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_{ac} &= \frac{P}{F_{ac}} \\ \sigma_{al} &= \frac{P}{F_{al}} \end{aligned}\right\} \quad \frac{\sigma_{al}}{\sigma_{ac}} = \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}} = \frac{F_{ac}}{F_{al}}$$

$$F_{al} = F_{ac} \cdot \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}} \qquad (43)$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Miembros sometidos a flexión:

$$\left.\begin{aligned}\sigma_{ac} &= \frac{M}{W_{ac}} \\ \sigma_{al} &= \frac{M}{W_{al}}\end{aligned}\right\} \quad \frac{\sigma_{al}}{\sigma_{ac}} = \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}} = \frac{W_{ac}}{W_{al}}$$

$$W_{al} = W_{ac} \cdot \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}} \qquad (44)$$

Si se trata de flexión de perfiles unidos a planchas, se tomará el módulo combinado del perfil con una tira de plancha de 40 veces su espesor.

Puntales:

$$\left.\begin{aligned}\sigma_{ac} &= \frac{Pk}{F_{ac}} = K \cdot \frac{E_{ac} \cdot J_{ac}}{l^2 \cdot F_{ac}} = K \frac{F_{ac} \cdot i^2_{ac}}{l^2} \\ \sigma_{al} &= K \frac{E_{al}\, i^2_{al}}{l^2}\end{aligned}\right\} \quad i = \text{radio de giro} = \sqrt{\frac{J}{F}}$$

$$\frac{\sigma_{al}}{\sigma_{ac}} = \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}} = \frac{E_{al} \cdot i^2_{al}}{E_{ac} \cdot i^2_{ac}}$$

$$i_{al} = i_{ac} \sqrt{\frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}} \cdot \frac{E_{ac}}{E_{al}}} \qquad (45)$$

CONCLUSIONES

Ahorro de peso:

Como el fin esencial del empleo de aleaciones ligeras en buques es la reducción de los pesos estructurales, resulta de interés calcular el ahorro de peso que se obtiene en cada caso, según la forma de trabajo y parte de la estructura que se construya de material ligero.

Designando por G, afectado de los subíndices correspondientes, el peso de la estructura, y por γ el peso específico del material, se tendrá para las distintas estructuras las siguientes relaciones de peso:

Miembros sometidos a tracción y a compresión:

$$\frac{G_{al}}{G_{ac}} = \frac{F_{al} \cdot \gamma_{al}}{F_{ac} \cdot \gamma_{ac}} = \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}} \cdot \frac{\gamma_{al}}{\gamma_{ac}} \qquad (46)$$

Miembros sometidos a flexión:

$$\frac{G_{al}}{G_{ac}} = \frac{F_{al} \cdot \gamma_{al}}{F_{ac} \cdot \gamma_{ac}} \qquad (47)$$

peso según [44]

$$\frac{W_{al}}{W_{ac}} = \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}}$$

y si se conoce la relación entre F y W, podrá calcularse [47].

Las curvas representadas en la fig. 9 muestran la dependencia entre W y F en diversos perfiles y secciones de aplicación en construcción naval, las cuales facilitarán el cálculo de [47] en los casos considerados.

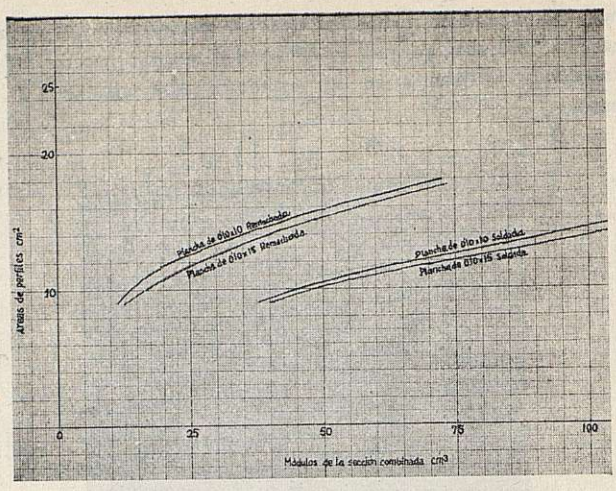


Fig. 9

Puntales:

Suponiendo puntales semejantes

$$\frac{F_{al}}{F_{ac}} = \frac{i^2_{al}}{i^2_{ac}}$$

y teniendo en cuenta [45]

$$\frac{F_{al}}{F_{ac}} = \frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}} \cdot \frac{E_{ac}}{E_{al}}$$

y

$$\frac{G_{al}}{G_{ac}} = \frac{F_{al} \cdot \gamma_{al}}{F_{ac} \cdot \gamma_{ac}} = \frac{\sigma_{E_{ac}}}{\sigma_{E_{al}}} \cdot \frac{E_{ac}}{E_{al}} \cdot \frac{\gamma_{al}}{\gamma_{ac}}$$

Si, para fijar las ideas, consideramos una aleación de Al-Mg de resistencia mínima para construcción naval, según el Lloyd, para la que

$$\sigma_R = 26{,}8 \text{ kg. mm}^2 \quad ; \quad \sigma_E = 12{,}6 \text{ kg. mm}^2$$

tendremos:

$$\frac{\sigma_{E_{al}}}{\sigma_{E_{ac}}} = 0{,}55 \quad ; \quad \frac{E_{al}}{E_{ac}} = \frac{1}{3} \quad ; \quad \frac{\gamma_{al}}{\gamma_{ac}} = 0{,}3421$$

y los valores que se dan en el Cuadro 38 representarán los valores mínimos para la ganancia de peso que puede alcanzarse en construcción naval con el empleo de aleaciones ligeras.

CUADRO 38.—Relación y ahorro de pesos de estructuras de igual resistencia de aleación ligera y acero

ESTRUCTURA	Relación de pesos $\frac{G_{al}}{G_{ac}}$	Ahorro de peso %
Miembro trabajando a tracción o a compresión	0,622	37,8
Miembro trabajando a flexión...	0,600 *	40,0
Puntales	0,564	43,6

(*) Variable.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

En la estructura del buque, considerada como conjunto, las cifras del Cuadro 39 pueden servir de orientación.

CUADRO 39.—Relación y ahorro de pesos en la estructura principal de dos buques de igual resistencia de aleación ligera y de acero

ESTRUCTURA	Relación de pesos $\frac{G_{al}}{G_{ac}}$	Ahorro de peso %
Casco.....	0,627	37,3
Superestructura.	0,435	56,5

Las cifras de estos cuadros, que representan valores mínimos, demuestran cuán importantes economías de peso pueden obtenerse por el empleo de los materiales ligeros en la construcción de los cascos de los buques. Sin embargo, para que esta reducción de pesos sirva para aumentar el rendimiento de los buques, ha de considerarse al mismo tiempo el precio que hay que pagar por ella para que de la explotación económica del buque se derive un beneficio real. Las siguientes consideraciones podrán servir de guía para el tratamiento de la cuestión.

Supongamos dos buques de iguales dimensiones principales L × B × H, construídos: el uno, totalmente de acero, según la práctica normal; el otro, de aleación ligera, parcial o totalmente. El subíndice *o* se aplicará al buque de acero y los mismos signos sin subíndice alguno se aplicarán al buque de aleación ligera. Se suponen instalaciones similares y análoga velocidad.

Sea:

V_o , V , valor del buque en pesetas
C_o , C , peso del casco y equipo, en T
E_o , E , peso de la estructura del casco, en T
H_o , H , peso del equipo y habilitación, en T
M_o , M , peso de la maquinaria, en T
Δ_o , Δ desplazamiento, en T

$\alpha = \frac{E}{E_o}$

$\beta = \frac{M}{M_o}$

$\delta = \frac{\Delta}{\Delta_o}$, $\delta^{\frac{2}{3}} \approx \beta$

$a = \frac{E_o}{\Delta_o}$; $b = \frac{M_o}{\Delta_o}$; $c = \frac{C_o}{\Delta_o}$

π_o , π , precio en pesetas/T del material del casco
j_o , j , jornales en pesetas/T de estructura
q_o , q , valor en pesetas/T de maquinaria (materiales + jornales)
s , precio en pesetas/T de combustible
r , cuota anual (tanto por uno) para seguro y amortización
z , interés anual del capital (tanto por uno)

$\varepsilon = \frac{\pi}{\pi_o}$

μ = peso de la maquinaria en T/cv
Gastos anuales de explotación = gastos fijos (F) + + combustible (B)
B = horas de servicio por año (n) × consumo específico (e) × potencia (P) × precio del combustible (s)
B_o = nes P_o
B nes P
Ingresos anuales = $I_o = I$

Ecuación de rentabilidad:

$$\left.\begin{aligned} z\,V_o &= I_o - (B_o + F_o) - r\,V_o \\ z\,V &= I - (B + F) - r\,V \end{aligned}\right\} (r+z)(V - V_o) = B_o - B \quad (49)$$

$$\left.\begin{aligned} V_o &= (\pi_o + j_o)\,E_o + \text{habilitación} + q\,M_o \\ V &= (\pi + j)\,E + \text{habilitación} + q\,M \end{aligned}\right\} q_o \approx q\,,\ j_o \approx j$$

$$\left.\begin{aligned} E &= \alpha\,E_o \\ \pi &= \varepsilon\,\pi_o \\ M &= \beta\,M_o \end{aligned}\right\} \begin{aligned} V - V_o &= E_o(\alpha\varepsilon\pi_o + \alpha j_o - \pi_o - j_o) + q_o M_o(\beta - \\ &-1) = E_o\pi_o(\alpha\varepsilon - 1) + E_o j_o(\alpha - 1) + q_o M_o(\beta - 1) \end{aligned}$$

$$\frac{V - V_o}{\Delta_o} = a\,\pi_o(\alpha\varepsilon - 1) + a\,j_o(\alpha - 1) + b\,q_o(\beta - 1) \quad (50)$$

$$\left.\begin{aligned} P_o &= \frac{M_o}{\mu} \\ P &= \frac{M}{\mu} = \frac{\beta M_o}{\mu} \end{aligned}\right\} B_o - B = nes\,(P_o - P) = nes\,\frac{M_o}{\mu}(1 - \beta)$$

$$\frac{B_o - B}{\Delta_o} = \frac{nes\,b}{\mu}(1 - \beta) \quad (51)$$

Substituyendo [50] y [51] en [49], se tendrá:

$$r + z\left[a\,\pi_o(\alpha\varepsilon - 1) + a\,j_o(\alpha - 1) + b\,q_o(\beta - 1)\right] = \frac{nes\,b}{\mu}(1 - \beta)$$

$$a\,\pi_o(\alpha\varepsilon - 1) + a\,j_o(\alpha - 1) + b\,q_o(\beta - 1) = \frac{nes\,b}{\mu} \cdot \frac{1 - \beta}{r + z}$$

$$a\,\pi_o(\alpha\varepsilon - 1) + a_0\,j(\alpha - 1) = b(1 - \beta)\left[q_o + \frac{nes}{\mu(r + z)}\right] \quad (52)$$

ecuación que, si se satisface para un valor de $\varepsilon = \frac{\pi}{\pi_o}$ superior a la relación de precios de la aleación y del acero, supondrá una ventaja económica indudable del buque de aleación ligera sobre el de acero.

Como aplicación, supondremos un buque de pasaje, en el que:

$a = 0{,}39$
$b = 0{,}22$
$\mu = 160 \times 16^{-3}$ T./CV$_e$
$\pi_o = 3.000$ pesetas/T.
$f_o = 7.000$ pesetas/T.
$q_o = 20.000$ pesetas/T.
$e = 185 \times 10^{-6}$ T./CV$_e$ h

La construcción del casco de un buque similar de aleación ligera da los siguientes valores:

$$\alpha = 0{,}42 \quad ; \quad \beta = 0{,}80$$

y tomando

$n = 250 \times 24 = 6.000$ horas
$s = 1.300$ pesetas/t
$r = 0{,}06$ } $r + z = 0{,}16$
$z = 0{,}10$ }

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

tendremos:

$$0{,}39 \times 3.000\ (0{,}42\,\epsilon - 1) + 0{,}39 \times 7.000\ (0{,}42 - 1) = 0{,}22\ (1 - 0{,}80)\left[20.000 + \frac{6.000 \times 185 \times 10^{-6} \times 1.300}{160 \times 10^{-3} \times 0{,}16}\right]$$

$$1.170\ (0{,}42\,\epsilon - 1) - 1.583{,}40 = 0{,}44\ (20.000 + 56.367)$$

$$1.170\ (0{,}42\,\epsilon - 1) = 1.583{,}40 + 3.360{,}15 = 4.943{,}55$$

$$0{,}42\,\epsilon - 1 = 4{,}2253$$

$$\epsilon = \frac{5{,}2253}{0{,}42} = 12{,}44$$

$$\pi = 12{,}44 \times 3.000 = 37.320 \text{ pesetas/T.}$$

En el ejemplo precedente se ha supuesto la substitución total del acero del casco por una aleación ligera, y se ha llegado a resultados que indican que esta substitución representa, para el caso considerado, un beneficio económico importante, puesto que el precio real de la aleación es bastante inferior a 12,44 veces el del acero.

Como la tendencia del presente es llevar la substitución a una parte de la estructura solamente, creemos de interés enfocar el problema de forma inversa, es decir, partiendo del precio real de la aleación, determinar qué ahorro de peso debe alcanzarse para que la substitución del acero suponga ya una ventaja económica. La solución se obtendrá determinando en [52] los valores de α y β que resuelven esta ecuación. El problema está perfectamente definido, porque la consideración de la velocidad proporciona otra solución entre α y β.

Sea, en efecto, con las mismas notaciones que antes:

$D_o = f\,M_o$, $D = f\,M$, peso del combustible en T.

$A_o = A$, peso del pasaje, tripulación, efectos, agua, etc.

$$\Delta_o = E_o + H_o + M_o + f\,M_o + A_o$$

$$\Delta = E + H_o + M + F\,M + A_o$$

$$\frac{H_o + A_o}{\Delta_o} = g$$

$$\Delta_o\,a = \Delta_o + g\,\Delta_o + b\,\Delta_o + f\,b\,\Delta_o$$

$$\Delta = a\,\alpha\,\Delta_o + g\,\Delta_o + b\,\beta\,\Delta_o + f\,b\,\beta\,\Delta_o$$

$$a + g + b\,(1 + f) = 1$$

$$\alpha_a + g + \beta\,b\,(1 + f) = \frac{\Delta}{\Delta_o}$$

y suponiendo iguales coeficientes del Almirantazgo y que las potencias son proporcionales a los pesos de la maquinaria,

$$\left(\frac{\Delta}{\Delta_o}\right)^{\frac{3}{2}} = \beta$$

y por consiguiente:

$$\beta^{\frac{3}{2}} = \alpha_a + \beta\,b\,(1 + f) + g \qquad (53)$$

Esta ecuación, junto con la [52], dará para el valor de ϵ apropiado los valores de α y β que expresan el valor límite de la relación de pesos necesario para que la substitución sea económica.

Si parte del peso ahorrado quiere emplearse en aumentar la carga útil, el problema se plantearía de manera semejante. Debe abordarse cada caso según las condiciones particulares del buque que se considere.

* * *

El aumento de rendimiento de los buques será tanto más importante cuanto mayor sea el porcentaje del peso del casco sobre el total; la substitución de los elementos de acero por sus equivalentes de aleación ligera deberá comprender el mayor tonelaje posible, pues sólo será aconsejable esta substitución cuando se aumente la rentabilidad del buque. No aludimos aquí a los buques de guerra, por constituir capítulo independiente, ya que en ellos son lo primordial las condiciones guerreras frente a las restantes, dentro de ciertos límites.

Las ventajas de la substitución de la mayoría de los accesorios del casco por accesorios de metales ligeros aparecen bien claras, tanto por los precios como por sus propiedades constructivas, como es el caso de las fundiciones de bronce y en las instalaciones de camarotes y servicios varios a bordo.

La substitución integral de la estructura resistente del casco es asunto de detenida experimentación en el presente. Las dificultades aquí son de mayor importancia y los progresos han de venir más lentamente. El trabajo en frío de planchas y perfiles de grandes dimensiones, el remachado, etc., en los buques grandes suponen dificultades que, hoy por hoy, no han sido superadas.

Donde el planteamiento del problema estructural no ofrece dudas de ningún género, es en la construcción de las superestructuras ligeras; esta solución es aceptada sin reserva alguna, y en los modernos trasatlánticos va constituyendo la práctica normal. En este tipo de buques, con sus grandes superestructuras, la importante reducción de pesos que se alcanza abona esta tendencia.

En buques de guerra, subordinados los factores económicos a las cualidades militares, la substitución alcanza cada día a mayor número de elementos.

Y, para terminar, podemos resumir el estado actual de este apasionante tema, en los puntos siguientes:

1. Las dificultades que se presentaban en construcción naval para el empleo de las aleaciones ligeras, por los peligros de la corrosión en el agua del mar y ambientes húmedos y salinos, han sido superadas por la industria al fabricar aleaciones resistentes a la corrosión, de características mecánicas convenientes.

2. Las economías de peso de casco que pueden alcanzarse con el empleo de aleaciones ligeras en su construcción, llegan al 30-60 %, según los casos.

3. La substitución de accesorios fundidos por materiales ligeros y el empleo de éstos en las instalaciones para el pasaje y servicios diversos, especialmente, en buques de guerra y mercantes de alta calidad, es una práctica que va haciéndose normal y que se extenderá en el futuro próximo a casi la totalidad de los elementos de la habilitación.

4. La construcción de superestructuras totalmente de materiales ligeros en los buques de guerra y en los de grandes superestructuras, tales como los trasatlánticos con gran número de pasajeros, es una práctica recomendable y que se sigue en la mayoría de los buques actualmente en construcción, sin reservas de ninguna clase.

5. La construcción ligera integral será en un futuro próximo una realidad, cuando los problemas metalúrgicos actualmente planteados sean resueltos de manera satisfactoria, como los resultados obtenidos hasta el momento lo hacen prever.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

APÉNDICE 1

Extracto de la norma «DIN 1.713. Aleaciones de aluminio. Cla- B 85-39 T, B 108-38 T, B 25-38 T, B 79-38 T, B. 109-38 T, sificación», y de las Especificaciones de la ASTM, B 26-37 T, B 89-36 T y B 78-36 T. «Aluminium alloys».

DIN 1713

A Aleaciones forjables de aluminio

hoja 1

Grupo Al-Cu-Mg: Aleaciones forjables de aluminio con cobre y bajas en magnesio

Caracteristicas. templables [1], alta resistencia y peso específico 2,8

DENOMINACION	MARCA	Composición aproximada %	ESTADO	Resistencia a la tracción σ_B kg/mm²	Alargamiento de rotura [2] δ_{10} %	Dureza Brinell [3] ($P = \frac{H}{10 D^2}$) kg/mm²	INDICACIONES DE EMPLEO
Aleación forjable de aluminio Grupo Al-Cu-Mg	Al-Cu-Mg	3,5 a 5,5 Cu 0,2 a 2 Mg 0,3 a 1,5 Si 0,1 a 1,5 Mn Resto Al	blando	16 a 22	25 a 15	40 a 60	Piezas sometidas a muy grandes esfuerzos
			templado y en caso necesario enderezado [4] [5] [6]	34 a 52	24 a 8	90 a 140	
			templado y endurecido en frio [5]	42 a 58	15 a 5	120 a 150	

Color característico [7] rojo obscuro

Se aumenta la resistencia a la corrosión de estas aleaciones, chapeando con aleación de aluminio exenta de cobre o de aluminio puro de 99,5

Grupo Al-Cu-Ni: Aleaciones forjables de aluminio con cobre, níquel y bajas en magnesio

Caracteristicas. templables [1] resistencia en caliente, peso específico 2,8

Denominación	Marca	Composición aproximada %	Estado	Resistencia a la tracción σ_B kg/mm²	Alargamiento de rotura [2] δ_{10} %	Dureza Brinell [3] ($P = \frac{H}{10 D^2}$) kg/mm²	Indicaciones de empleo
Aleación forjable de aluminio Grupo Al-Cu-Ni	Al-Cu-Ni	3,6 a 4,2 Cu 1,8 a 2,2 Ni 1,3 a 1,6 Mg Resto Al	blando	16 a 22	25 a 15	40 a 60	Grandes esfuerzos, especialmente en caliente (200 a 300°)
			templado [5]	33 a 42	20 a 8	100 a 120	

Color característico [7] rojo claro (naranja)

Grupo Al-Cu: Aleaciones forjables de aluminio con cobre sin magnesio

Caracteristicas: templables [1], alta resistencia, peso específico 2,8

DENOMINACIÓN	MARCA	Composición aproximada %	ESTADO	Resistencia a la tracción σ_B kg/mm²	Alargamiento de rotura [2] δ_{10} %	Dureza Brinell [3] ($P = \frac{H}{10 D^2}$) kg/mm²	Indicaciones de empleo
Aleación forjable de aluminio Grupo Al-Cu	Al-Cu	4,5 a 6 Cu 0,4 a 0,6 Mn 0,2 a 0,5 Si Resto Al	blando	16 a 22	25 a 15	50 a 60	Piezas sometidas a grandes esfuerzos
			enfriado bruscamente y en caso necesario enderezado	30 a 36	25 a 15	70 a 90	
			templado y en caso necesario enderezado [4] [5] [6]	34 a 42	20 a 8	100 a 120	
			templado y endurecido en frio [5]	42 a 50	10 a 12	120 a 140	

Color característico 7): Negro.

Se aumenta la resistencia a la corrosión de estas aleaciones, chapeando con aluminio puro de 99,5.

1) El término «templable» se da como equivalente del alemán «Aushartbarkeit» con el alcance indicado en la revista Z. Metallkunde Bd. 23 (1931) p. 35. Comprende el enfriamiento brusco y el subsiguiente envejecimiento. (Véase Werkstoffhandbuch Nichteisenmetalle p. H 1).
2) Para mayor claridad se dan primero los alargamientos más altos.
3) Para el estado «blando» puede ser conveniente la elección de menor carga, DIN 1605.
4) Mediante el enderezado aumenta la resistencia y la estricción, disminuyendo el alargamiento, relativamente al estado templado. Mediante menos temple se pierden estas propiedades.
5) Las cifras se refieren tan sólo a materiales que han sido suficientemente trabajados (forjados) antes del templado. No valen para grandes piezas forjadas en las cuales no puede cumplirse tal condición.
6) Piezas forjadas templadas solamente.
7) Se recomienda el empleo del color característico. Se acordará si el color ha de ser pintado por el taller o por el consumidor, así si como si ha de ir en los extremos de las barras o en las caras longitudinales Queda libre el pintado de las piezas sueltas o de cada montón.

DIN 1713

hoja 2

Grupo Al-Mg-Si: Aleaciones forjables de aluminio, bajas en magnesio y silicio, sin cobre

Caracteristicas. templables [1], resistencia moderada con buena maleabilidad, buen pulido, buena resistencia a la corrosion, peso especifico 2,75

Denominación	Marca	Composición aproximada %	Estado	Resistencia a la tracción σ_B kg/mm²	Alargamiento de rotura [2] δ_{10} %	Dureza Brinell [3] ($P = \frac{H}{10 D^2}$) kg/mm²	Indicaciones de empleo
Aleación forjable de aluminio Grupo Al-Mg-Si	Al-Mg-S	0,3 a 2 Mg 0,3 a 1,5 Si 0 a 1,5 Mn Resto Al	blando	11 a 13	27 a 15	30 a 40	Resistencia mecanica y química
			enfriado bruscamente y en caso necesario enderezado [8]	18 a 28	25 a 12	50 a 70	
			Templado y en caso necesario enderezado [4] [5] [6]	28 a 35	20 a 10	60 a 100	
			templado y endurecido en frio [5]	35 a 42	10 a 2	100 a 120	

Color característico [7] Blanco

Grupo Al-Mg: Aleaciones forjables de aluminio altas en magnesio

Caracteristicas: alta resistencia, muy buena resistencia quimica, mas resistente que el aluminio puro y otras aleaciones a ataque del agua del mar y soluciones alcalinas diluidas. Buen pulido dan [illegible] electrolitica (cumplida) peso especifico 2,6 a 2,7

Denominación	Marca	Composición aproximada %	Estado	Resistencia a tracción σ_B kg/mm²	Alargamiento de rotura [2] δ_{10} %	Dureza Brinell [3] ($P = \frac{H}{10 D^2}$) kg/mm²	Indicaciones de empleo
Aleación forjable de aluminio Grupo Al-Mg	Al-Mg 3	2,5 a 4 Mg	blando	19 a 25	20 a 18	50 a 60	Piezas sometidas a grandes esfuerzos con gran resistencia al agua del mar; la resistencia mecánica aumenta con el contenido en Mg
			Semi-duro	22 a 27	15 a 6	55 a 65	
	Al-Mg 5	Mas de 4 a 6 Mg	blando	22 a 29	25 a 16	60 a 75	
			Semi-duro	25 a 32	15 a 8	70 a 85	
	Al-Mg 7	Mas 6 a 8 Mg	blando	30 a 42	24 a 15	70 a 85	
			Semiduro	35 a 42	15 a 8	90 a 105	
	Al-Mg 9	Mas de 8 a 10 Mg	blando	35 a 42	23 a 15	80 a 100	
			Semi-duro	38 a 46	15 a 8	95 a 110	

Color característico [7] Verde

Grupo Al-Mg-Mn: Aleaciones forjables de aluminio con magnesio y bajas en manganeso

[illegible] mayor resistencia que el aluminio puro, resistencia quimica a [illegible] agua de mar como grupo Al-Mg, peso especifico 2,7

Denominación	Marca	Composición aproximada %	Estado	Resistencia a la tracción σ_B kg/mm²	Alargamiento de rotura [2] δ_{10} %	Dureza Brinell [3] ($P = \frac{H}{10 D^2}$) kg/mm²	Indicaciones de empleo
Aleación forjable de aluminio Grupo Al-Mg-Mn	Al-Mg-Mn	2 a 2,5 Mg 1 a 2 Mn 0 a 0,2 Sb Resto Al	blando	16 a 24	25 a 15	50 a 60	En lugar de aluminio puro cuando se requiere mayor resistencia plastica y química
			Semi-duro	20 a 30	6 a 4	60 a 80	
			duro	24 a 38	5 a 2	70 a 90	

Color característico [7] Amarillo

Grupo Al-Si: Aleaciones forjables de aluminio altas en silicio

Caracteristicas: mayor resistencia que el aluminio puro, buena resistencia a la corrosion, buena resistencia quimica, peso especifico 2,7

Denominación	Marca	Composición aproximada %	Estado	Resistencia a la tracción σ_B kg/mm²	Alargamiento de rotura [2] δ_{10} %	Dureza Brinell [3] ($P = \frac{H}{10 D^2}$) kg/mm²	Indicaciones de empleo
Aleación forjable de aluminio Grupo Al-Si	Al-Si	12 a 13,5 Si Resto Al	blando	12 a 15	25 a 15	40 a 50	En lugar del aluminio puro cuando se requiere mayor resistencia plastica
			Semi-duro	15 a 20	10 a 3	50 a 60	
			duro	18 a 25	5 a 2	60 a 80	

Color característico [7] Pardo

Grupo Al-Mn: Aleaciones forjables de aluminio bajas en manganeso

Caracteristicas: mayor resistencia que el aluminio puro, buena resistencia a la corrosion, peso especifico 2,75

Denominación	Marca	Composición aproximada %	Estado	Resistencia a la tracción σ_B kg/mm²	Alargamiento de rotura [2] δ_{10} %	Dureza Brinell [3] ($P = \frac{H}{10 D^2}$) kg/mm²	Indicaciones de empleo
Aleación forjable de aluminio Grupo Al-Mn	Al-Mn	1 a 2 Mn Resto Al	blando	10 a 15	35 a 20	20 a 40	En lugar del aluminio puro, cuando se requiere mayor resistencia a la [illegible]
			Semi-duro	12 a 18	15 a 5	40 a 50	
			duro	18 a 25	5 a 2	50 a 60	

Color característico 7): Violeta.

1), 4), 5), 6), 7) Véase h. 7.
2) Para mayor claridad se dan primero los alargamientos más altos.
3) Para el estado «blando», pueden ser conveniente la elección de menor carga. DIN 1605.
8) Téngase presente que en el enfriamiento brusco tiene lugar un deterninado revenido de la temperatura ambiente.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

B Aleaciones de aluminio para fundición 9)

Grupo G Al-Cu. Aleaciones de aluminio para fundición con cobre (G = inicial de Guss = fundición)

Características: Mayor resistencia que el aluminio puro, adecuada para fundición; resistencia en caliente, peso específico 2,85 (hasta 2,9)

Denominación	Marca	Composición aproximada %	Estado	Resistencia a la tracción σ_B kg/mm²	Alargamiento de rotura δ_{10} %	Dureza Brinell ($P = H\,5\,D^2$) kg/mm²	Indicaciones de empleo
Aleación de aluminio para fundición Grupo G Al-Cu	G Al-Cu	7 a 9 (15) Cu Resto Al	colada en arena	12 a 18	4 a 0,5	60 a 90	Piezas fundidas con buena resistencia en caliente
			colada en coquilla	12 a 20	3 a 0,5	70 a 100	

Color característico 7) negro

Grupo G Al-Zn-Cu: Aleaciones de aluminio para fundición, con zinc y cobre

Características: mayor resistencia que el aluminio puro adecuada para fundición, peso específico 2,9 a 2,95

Denominación	Marca	Composición aproximada %	Estado	Resistencia a la tracción σ_B kg/mm²	Alargamiento de rotura 2) δ_{10} %	Dureza Brinell ($P = H\,5\,D^2$) kg/mm²	Indicaciones de empleo
Aleación de aluminio para fundición Grupo G-Al-Zn-Cu	G Al-Zn-Cu	8 a 12 Zn 2 a 5 Cu Resto Al	colada en arena	12 a 18	4 a 0,5	60 a 90	Piezas fundidas de todas clases, hasta para cargas alternativas, piezas de automóviles
			colada en coquilla	12 a 20	3 a 0,5	70 a 100	

Color característico 7) azul

Grupo G Al-Cu-Ni: Aleaciones de aluminio para fundición con cobre y níquel bajas en magnesio

Características templable 4), resistencia en caliente, peso específico 2,75

Denominación	Marca	Composición aproximada %	Estado	Resistencia a la tracción σ_B kg/mm²	Alargamiento de rotura 2) δ_{10} %	Dureza Brinell ($P = H\,5\,D^2$) kg/mm²	Indicaciones de empleo
Aleación de aluminio para fundición Grupo G-Al-Cu-Ni	G Al-Cu-Ni	4 Cu 2 Ni 1,5 Mg Resto Al	Colada en arena	18 a 20	1 a 0,5	80 a 95	Preferentemente en piezas fundidas muy cargadas
			Colada en arena templada	24 a 27	0,8 a 0,5	100 a 115	
			Colada en coquilla	19 a 21	1 a 0,5	85 a 100	
			Colada en coquilla templada	26 a 34	1 a 0,5	100 a 120	

Color característico 7): Rojo claro (naranja)

Grupo G Al-Si: Aleaciones de aluminio altas en silicio, sin adiciones

Características: aleaciones eutécticas en óptimas condiciones para fundición, buena resistencia química, peso específico 2,65

Denominación	Marca	Composición aproximada %	Estado	Resistencia a la tracción σ_B kg/mm²	Alargamiento de rotura 2) δ_{10} %	Dureza Brinell ($P = H\,5\,D^2$) kg/mm²	Indicaciones de empleo
Aleación de aluminio para fundición Grupo G Al-Si	G Al-Si	11 a 13,5 Si Resto Al	colada en arena	17 a 22	8 a 4	50 a 60	Piezas fundidas de forma irregular y resistentes al choque
			colada en coquilla	18 a 26	5 a 3	60 a 80	

Color característico 7) pardo

Grupo G Al-Si-Cu: Aleaciones de aluminio altas en silicio y bajas en cobre

Características: Aleaciones eutécticas con óptimas condiciones para fundición, peso específico 2,65

Denominación	Marca	Composición aproximada %	Estado	Resistencia a la tracción σ_B kg/mm²	Alargamiento de rotura 2) δ_{10} %	Dureza Brinell ($P = H\,5\,D^2$) kg/mm²	Indicaciones de empleo
Aleación de aluminio para fundición Grupo G Al Si-Cu	G Al-Si-Cu	11 a 13,5 Si 0,7 a 0,9 Cu 0,2 a 0,4 Mn Resto Al	colada en arena	17 a 22	5 a 2	50 a 60	Pieza fundidas de forma irregular y resistentes a cargas oscilantes
			colada en coquilla	18 a 22	3 a 2	60 a 80	

Color característico 7): Pardo azul.

1), 7) Véase hoja 1.

2) Para mayor claridad se dan primero los alargamientos más altos.

9) Aleaciones para fundición a presión (imperfecta) DIN 1744; para aleaciones para émbolos hay una norma en preparación.

Grupo G Al-Si-Mg. Aleaciones de aluminio para fundición, altas en silicio y bajas en magnesio

Características: aleaciones eutécticas y subeutécticas, con óptimas condiciones para fundición, templables 1), buena resistencia química, peso específico 2,65

Denominación	Marca	Composición aproximada %	Estado	Resistencia a la tracción σ_B kg/mm²	Alargamiento de rotura 2) δ_{10} %	Dureza Brinell ($P = H\,5\,D^2$) kg/mm²	Indicaciones de empleo
Aleación de aluminio para fundición Grupo G-Al-Si-Mg	G-Al-Si-Mg	9 a 13,5 Si 0,4 a 0,6 Mn 0,1 a 0,5 Mg Resto Al	colada en arena templada	25 a 29	4 a 1	80 a 100	Piezas fundidas de forma irregular y resistentes a cargas oscilantes
			colada en coquilla templada	26 a 32	1,5 a 7	90 a 110	

Color característico 7) pardo violeta

Grupo G Al-Mg. Aleaciones de aluminio para fundición, altas en magnesio

Características: templable 1), muy buena resistencia química, mayor resistencia que el aluminio puro y que otras aleaciones de aluminio puro y que otras aleaciones de aluminio contra el agua del mar y soluciones diversas débiles. Buen pulido admite la oxidación electrolítica (aluminita), peso específico 2,6 a 2,7

Denominación	Marca	Composición aproximada %	Estado	Resistencia a la tracción σ_B kg/mm²	Alargamiento de rotura 2) δ_{10} %	Dureza Brinell ($P = H\,5\,D^2$) kg/mm²	Indicaciones de empleo
Aleación de aluminio para fundición Grupo G-Al-Mg	G Al-Mg (a)	2 a 4 Mg 0 a 4,5 Mn 0 a 1,5 Si 0 a 1,5 Sb 0 a 0,3 Ti Resto Al	Colada en arena: no tratada	14 a 18	8 a 3	60 a 80	Piezas de resistencia media
			Colada en arena: templada	24 a 28	8 a 5	80 a 90	Piezas de alta resistencia
			Colada en coquilla: no tratada	15 a 19	8 a 3	50 a 60	Piezas de resistencia media
			Colada en coquilla: templada	26 a 33	15 a 8	80 a 90	Piezas de alta resistencia y alargamiento
	G Al-Mg (b)	mas de 4 a 10 Mg 0 a 4,5 Mn 0 a 1,5 Si 0 a 0,3 Ti Resto Al	Colada en arena: no tratada	16 a 19	4 a 3	50 a 70	Piezas sometidas a choques (buena resistencia y alargamiento)
			Colada en arena: homogenea templada	20 a 26	8 a 4	60 a 70	
			Colada en coquilla: no tratada	22 a 26	8 a 5	70 a 85	
			Colada en coquilla: homogenea templada	24 a 28	11 a 6	75 a 85	
	G Al-Mg (c)	0 a 4,5 Mg 0 a 1,5 Si 0 a 0,3 Ti Resto Al	Colada en arena: no tratada	16 a 19	5 a 2	55 a 80	Piezas estancas a líquidos (buena resistencia, adecuada para fundición)
			Colada en arena: templada	19 a 23	10 a 6	55 a 65	
			Colada en coquilla: no tratada	19 a 25	4 a 2	80 a 90	
			Colada en coquilla: homogenea templada	20 a 26	8 a 5	60 a 80	
				22 a 26	10 a 7	60 a 85	
				22 a 27	6 a 3	80 a 90	

Color característico verde

Grupo G Al-Mg-Si. Aleaciones de aluminio para fundición con silicio y bajas en magnesio

Características: aleacciones subeutécticas adecuadas para fundición templables buen pulido, buena resistencia química, peso específico 2,7

Denominación	Marca	Composición aproximada %	Estado	Resistencia a la tracción σ_B kg/mm²	Alargamiento de rotura 2) δ_{10} %	Dureza Brinell ($P = H\,5\,D^2$) kg/mm²	Indicaciones de empleo
Aleación de aluminio para fundición Grupo G Al-Mg-Si	G Al-Mg-Si	2 a 5 Si 0,3 a 2 Mg 0 a 1,5 Mn 0 a 1,5 Sb 0 a 0,3 Ti Resto Al	Colada en arena: no tratada	13 a 18	3 a 1	60 a 70	Piezas fundidas de forma irregular y gran resistencia
			Colada en arena: templada	17 a 28	4 a 1	70 a 100	
			Colada en coquilla: no tratada	15 a 20	5 a 1	60 a 80	
			Colada en coquilla: templada	20 a 30	4 a 1	80 a 100	

Color característico 7): Blanco.

Las aleaciones de aluminio pueden soldarse, soldar con soldadura fuerte, y también, en determinadas condiciones con estaño; las aleaciones templadas o golpeadas en frío, reducen con ello su resistencia mecánica y a la corrosión. Con la soldadura eléctrica por puntos o continua (cordón) esta reducción es menor.

La mayoría de las aleaciones de aluminio sin cobre ni cinc, alcanzan prácticamente la misma resistencia a la corrosión que el aluminio puro. La menor resistencia a la corrosión debida a la adición de cobre y cinc, se compensa con la correspondiente protección superficial.

Los valores de ensayo se determinan en probetas fundidas separadamente, de 100 mm² de sección para fundición en arena o coquilla y con molde del mismo material. No se puede pretender que en la misma pieza y en cualquiera de sus partes se alcancen estos valores. Relativamente a ello se tomarán en el pedido los acuerdos necesarios.

Algunas de las aleaciones indicadas están protegidas en Alemania o en el extranjero, o ha sido solicitada su patente. Numerosas marcas de aleaciones están registradas.

1), 7) Véase h. 1.

2) Para mayor claridad, se dan primero los alargamientos más altos.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS PARA FUNDICIONES

Especificación A.S.T.M	Designación de la aleación	Porcentaje de la composición (el resto aluminio)					Características					
		Cu	Si	Mg	Fe	Otros elementos	Tratamiento	Límite elástico 0.2 % 1000 lb/pulg²	Carga de rotura 1000 lb/pulg²	Alargamiento % en 2 pulgadas	Límite de resistencia a la fatiga 500 millones	Conductividad eléctrica % I.A.C.S.
ALEACIONES DE ALUMINIO PARA MOLDEO EN AREMA B 26 - 37 T												
	12	8.0	–	–	–	–	SC	14	22	2.0	7.5	37
C	112	7.5	–	–	1.2	Zn 2.0	SC	14	23	2.0	8.5	30
CC	212	8.0	1.2	–	1.0	Zn 0.2	SC	14	22	2.0	7.5	–
F	122	10.0	–	0.2	1.2		T2	20	25	1.0	9.5	41
							T61	30	36	1.0	–	33
G & GG	195	4.0	–				T4	16	31	8.5	6.0	–
							T6	22	36	5.0	6.5	35
							T62	31	40	2.0	7.0	37
H	142	4.0	–	1.5	–	Ni 2.0	SC	24	28	1.0	8.0	36
							T61	32	37	0.5	8.0	37
							T571	28	32	0.5	8.0	–
J & JJ	43	–	5.0	–	–		SC	9	19	6.0	6.5	37
K	47	–	12.5	–	–		SC	11	26	8.0	6.0	40
L	214	–	–	3.8	–	–	SC	12	25	9.0	5.5	35
M	356	–	7.0	0.3	–	–	T4	16	28	6.0	–	39
							T6	22	32	4.0	8.0	39
							T51	20	25	2.0	6.0	43
N	355	1.3	5.0	0.5	–		T4	20	30	5.0	–	35
							T6	25	35	3.5	–	36
							T51	23	28	1.5	6.5	43
	406	–	–	–	–	Mn 2.0	SC	9	18	5.0	5.5	–
	145	2.5	–	–	1.25	Zn 10.0	SC	22	29	4.0	–	–
	220	–	–	10.0	–	–	T4	25	45	14.0	7.0	–
	(3L 5)	2.5	–	–	–	Zn 13.5	SC	9	22	3.0	–	–
ALEACIONES DE ALUMINIO PARA FUNDICIÓN EN MOLDE PERMANENTE B108-38T												
1 & 1A	B 195	4.5	3.0	–		–	T4	22	36	7.5	9.5	35
							T6	33	39	0.5	–	37
2	C 113	7.5	4.0	–	1.2	Zn 2.0	CC.	24	28	0.5	–	–
3	A 108	4.5	5.75	–	–		CC	16	28	2.0	–	31
4	122	10.0	–	0.25	1.2		T52	31	35	0.5	–	–
							T65	36	48	0.0		
							T551	35	37	0.0	8.5	
							T552	32	34	0.0		
5	138	10.0	4.0	0.25	1.2		CC	24	28	0.5		

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE ALEACIONES DE ALUMINIO PARA LAMINADOS

Especificación A.S.T.M	Designación de la aleación	Composición nominal porcentaje (aluminio resto)					Estado	Densidad Lb por pulgada cúbica	Límite elástico 0.2 % 1000 Lb/pulg²	Carga de rotura 1000 Lb/pulg²	Alargamiento % en 2 pulgadas	Dureza Brinell (500 kg carga)	Límite de resistencia a la fatiga 500 millones	Conductividad eléctrica % I.A.C.S.
		Cu	Si	Mn	Mg	Otros elementos								
ALEACIONES ENDURECIDAS EN FRÍO														
B25-38T	25	–	–	–	–		O	0.098	5	13	35	23	5	24
							½ H	–	14	17	4	32	7	–
B39-38T	3S	–	–	1.2	–	–	O	0.099	6	16	30	28	7	50
							½ H	0.099	18	21	8	40	9	41
							H	0.099	25	29	4	55	10	40
	4S			1.2	1.0		O	0.098	10	26	20	45	12	42
							½ H	0.098	27	34	9	65	15	42
							H	0.098	34	40	5	77	16	42
B109-38T	52S				2.5	Cr 0.25	O	0.096	14	29	25	45	17	40
							½ H	–	29	37	10	67	19	41
							H	0.096	36	41	7	85	20.5	40
	56S			0.1	5.2	Cr 0.1	O	–	18	42	25	–	–	–
							½ H	–	36	50	10	–	–	–
							H	–	45	57	7	–	–	–
	61S(M61S)T			0.5	3.5		O	–	–	31.4c	20c	58	–	–
							H	–	55.6c	44.8c	3c	90	–	–
	(Mg-7)			0.5	7.0		O	–	22.4c	44.8c	20c	–	–	–
							H	–	38.1c	56c	15c	–	–	–
ALEACIONES TRATADAS TERMICAMENTE														
B24-36T	17S	4.0	–	0.5	0.5	–	O	0.101	10	26	20	45	11	45
B78-36T							T	–	37	60	20	100	13	30
							RT	–	47	65	13	110	–	–
							T	–	33	56	18	–	–	–
	17S						RT		40	57	11	–	–	–
	11S	5.5	–	–	–	Pb - 0.5 Bi - 0.5	T3	0.102	42	49	–	95	12.5	40
	14S	4.4	0.8	0.8	0.4	–	T	0.101	50c	65c	10c	130c	15c	40
	18S	4.0	0.8	–	0.5	Ni 2.0	T	0.101	35c	55c	10c	100c	–	40
	24S	4.4	–	0.5	1.5	–	O	0.100	10c	26	20	42	12	50
							T	–	44	68	19	105	16	30
							RT	–	55	70	13	116	–	–
	ALCLAD 24S						T	–	41	62	18	–	–	–
							RT	–	50	66	11	–	–	–

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS PARA FUNDICIONES

Especificación A.S.T.M	Designación de la aleación	Porcentaje de la composición (el resto aluminio)					Características					
		Cu	Si	Mg	Fe	Otros elementos	Tratamiento	Límite elástico 0.2 % 1000 Lb/pulg²	Carga de rotura 1000 Lb/pulg²	Alargamiento % en 2 pulgadas	Límite de resistencia a la fatiga 500 millones	Conductividad eléctrica % I.A.C.S.
6	A 132	0.8	12.0	1.0	0.8	Ni 2.5	T4	30	38	1.5		
							T551	28	36	0.5		
7	–	1.5	12.25	0.55	–	Mn 0.75	T2?	–	32c			
		–	–	–	–	–	T6?	–	36c			
8	–	–	11.0	–	–	–	CC	–	27c	3.0c		
9 & 9A	43	–	5.0	–	–	–	CC	9	24	6.0	–	37
10	–	–	7.0	0.3	–	–	T2?	–	28c	5.0		
							T6?	–	30c	3.0c		
11	142	4.0	–	1.5	–	Ni 2.0	T61	42	47	0.5	9.5	37
							T571	34	40	0.00		
ALEACIONES DE ALUMINIO PARA INYECTAR B 85 - 39 T												
Especificación A.S.T.M.	Designación de la aleación	Porcentaje de la composición (el resto aluminio)			Tratamiento	Límite elástico 0.2 % 1000 Lb/pulg².	Carga de rotura 1000 Lb/pulg².	Alargamiento % en 2 pulgadas	Límite de resistencia a la fatiga 1000 Lb/pulg².	Conductividad eléctrica % I.A.C.S.		
		Cu	Si	Ni								
IV	43	–	5.0	–	DC	13	29	3.5	–	4.5		
V	13	–	12.0	–	DC	18	33	1.5	15	2.0		
VI	83	2.0	3.0	–	DC	14	30	3.5	14	5.0		
VII	85	4.0	5.0	–	DC	19	35	2.0	17	2.5		
VIII	–	1.5	1.0	2.25	DC	–	29	4.0		4.5		
IX	93	4.0	1.75	4.0	DC	20	33	1.5		2.0		
XI	–	2.0	8.0		DC		32	1.7	–	3.0		
XII	–	7.0	2.0		DC	–	34	1.6	–	3.2		
	81	7.0	3.0	–	DC	24	32	1.3	16			

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE ALEACIONES DE ALUMINIO PARA LAMINADOS

Especificación A.S.T.M	Designación de la aleación	Composición nominal porcentaje (aluminio resto)					Estado	Densidad Lb por pulgada cúbica	Límite elástico 0.2 % 1000 Lb/pulg²	Carga de rotura 1000 Lb/pulg²	Alargamiento % en 2 pulgadas	Dureza Brinell (500 kg carga)	Límite de resistencia a la fatiga 500 millones	Conductividad eléctrica % I.A.C.S.
		Cu	Si	Mn	Mg	Otros elementos								
	25S	4.5	0.8	0.8	–		T	0.101	30.	55	16	100	15	40
	31S	–	1.0	–	0.8		O	0.097	6	16	30	28	6.5	55
							W	–	20	35	24	64	105	45
							T	–	40	48	14	93	105	45
	A 51S	–	1.0	–	0.6	Cr 0.25	W	0.097	34c	44c	14c	90c	12c	45
	53S	–	0.7	–	1.3	Cr 0.25	O	0.097	7	16	25	26	15	45
							W	–	20	35	22	65	10	40
							T	–	33	39	14	80	11	40
	(Y)	4.0	–	–	1.5	Ni 2.0	T	–	51.4c	61.5c	15c			
	(RR 56)	2.0	0.6	–	0.8	Ni 1.3	T	0.099	47c	60.5c	10c	129		

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

BIBLIOGRAFÍA

1.—Boyles, F.—Light alloys hatch beams.—Shipbuilding and Shipping Record, Feb. 1949, p. 145-148.

2.—BuschKann, H.—Leichtmetall im Schiff-und Bootsban Kenn. zeichnung der Eigenschaften und Bearbeitung.—Schiffbau 1939, p. 80-83.

3.—Corlett, E. C. B.—A light alloy cross-channel Ship design-Transaction of the Institution of Naval Architecs. 1949.

4.—Forrest, M. G.—Application and use of aluminium alloys in ship construction-American Society of Nav. Arch. and Mar. Engin. Nov. 1947.

5.—Goldsworthy, E. C.—Light alloys and britih shipbuilding. The Sh. and M. E-B. 1946, p. 93-94.

6.—Jockel.—Die technischen Leichtmetalle-Schiffbau 1941, páginas 36-40.

7.—Kalpers, H.—Duraplat, ein hochwertiger Werkstoff für den Schiffbau. Schiffbau 1941, p. 137-139.

8.—Kalpers, H.—Silumin in Schiffbau.—Schiffbau, 1942, p. 15-18.

9.—Muckle, W.—Application of ligh alloys to superestructures of ships.—North East Coast Institution of E. and Sh, abril 1946.

10.—Muckle, W.—The design of light-alloy Ships structures. The Sh. and M. E-B. 1948, p. 17-27.

11.—Muckle, W.—Resistance to buckling of light-alloy plates.—N. E. C. I., March, 1948.

12.—Murray, J. M.—Longitudinal bending moments.—I. E. and Sh. in Sc. 1947.

13.—Ohlendorf, W.—Verwndung von Leichtmentall im Bootsbau-Schiffbau, 1941, p. 23-24.

14.—Sillifant, R. R. y Woollcott, W. A.—The Argonarc welding process.—Welding, Nov. 1949, p. 493-506.

15.—Sterner, R.—Unter welchen Bedingungen sind Aluminiumlegierungen im Schiffbau verwendbar?.—Schiffbau 1941, p. 140-141.

16.—Stoof, G.—Ueber den Anstrich von Leichtmetall im Schiffbau.—Schiffbau, 1941, p. 147-148.

17.—Zargev, W.—Aluminium als Konstruktionswerkstoff.—W. R. H.—Sept. 1933, p. 248-256.

18.—Idem.—Zur Frage der Korrosionsbeständingen plattierten Leichmetalle.—Schiffbau, 1942, p. 447-448.

19.—Idem.—A heat-treatable, corrosion-resistant aluminium alloy por marine construction.—The Sh. and M. E. B. 1940, p. 341-342.

20.—Idem.—Kupferplattiertes Aluminium.—Schiffbau, 1942, p. 535 536.

21.—Idem.—The Welding of aluminium Alloys.—The Sh. and M. E-B. July 1949, p. 532-533.

22.—Idem.—Aluminium alloys por marine use.—The Sh. and M. E.-B. May 1949, p. 395-400.

23.—Idem.—Argonarc welding of aluminium.—Welding. Aug. 1949, p. 324-333.

Al término de esta lectura interviene el Sr. Villanueva Núñez, quien pide se añada, a las conclusiones del trabajo, otra llamando la atención sobre la conveniencia de que los fabricantes proporcionen al mercado ciertos perfiles en aleaciones ligeras.

Luego, D. Ramón Apraiz da un resumen de su trabajo siguiente, núm. 273:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 273. - Las instalaciones de maquinaria de los buques españoles de 1920 a 1950

Autor: D. RAMÓN APRAIZ BARREIRO
Ingeniero Naval

1.—INTRODUCCIÓN

La construcción de un buque moderno implica la resolución de una serie de problemas de variedad tan grande que es muy difícil encontrar otro problema ingenieril en el que se encuentren elementos tan diversos. Un buque de pasaje moderno, y aún uno de carga, es una ciudad flotante con todo lo que ello implica, y, como tal ciudad, ha de contener todos los elementos de habitación, higiene y comodidad que una ciudad requiere. Pero, además, lleva carga, y esta carga exige espacio y disposición convenientes y medios que aseguren transportarla de tierra al buque y viceversa. Como final, todo ello, carga y hotel, hay que hacerlo flotar en la mar, a veces, en condiciones muy adversas, y hacerlo mover con seguridad a velocidades cada vez mayores por los océanos de un punto a otro del mundo, a veces, con climas y condiciones de vida completamente opuestas. Para cumplir todos estos fines, el ingeniero ha de proyectar una gran estructura de acero con elementos muy entrelazados, lanzarla al agua, elevar sobre ella los departamentos destinados a la carga, tripulación y pasajes, construir la máquina o serie de máquinas que lo impulsen y que sirvan para llenar los servicios del buque, y dotarlo de los elementos complementarios, equipo de radio, instalaciones de salvamento y contraincendios, etc., para cuyo conjunto ha de tocar problemas de resistencia de materiales, corrosión, arquitectura civil, navegación, instalaciones de producción y distribución de energía eléctrica, hidrodinámica, cálculo y construcción de calderas y máquinas propulsoras de vapor y de motores Diesel, ajuste y montaje de todos estos elementos, montaje de las instalaciones de bombas y tuberías y circulación de líquidos a través de las mismas. En los buques de guerra se une, además, el problema de hacerlo una fortaleza con toda clase de elementos ofensivos y defensivos.

En la presente Memoria vamos a tratar de la situación en España de la construcción de todos los elementos de la maquinaria principal y auxiliares, que partiendo hace más de un siglo de las primitivas, sencillas e imperfectas máquinas de vapor, han llegado hoy día a una multiplicidad grande de máquinas, elementos e instalaciones.

Desde la celebración del anterior *Congreso de Ingeniería* de 1919, la construcción de estos elementos en España ha progresado de manera verdaderamente notable, en proporción tal que ha dejado a nivel completamente inferior, como luego veremos, gran cantidad de industrias auxiliares que le son precisas, y bueno es hacer un alto en el camino, examinar el progreso realizado en estos 30 años, y, al comparar conjuntamente las dificultades actuales de esta rama de la industria con las demás industrias, buscar una base común a los problemas, y un medio común de resolverlos.

En este orden de ideas vamos a esbozar a continuación la situación de la maquinaria de los buques hasta 1920, su evolución y la de las fábricas y talleres españoles encargados de producirla, para llegar a la situación actual y a sus problemas. En general, y, salvo cuando específicamente digamos lo contrario, nos referimos a los buques mercantes.

2.—SITUACIÓN ANTERIOR A 1920

En las épocas anteriores a 1920 apenas se había iniciado en España la construcción de los elementos de la maquinaria de los buques trasoceánicos. Al desaparecer los buques de madera, en la construcción de los cuales habían logrado los españoles de épocas pretéritas alto grado de técnica y especialización tal que los constructores españoles marcaban la pauta en los tipos y procedimientos de construcción, hasta tal punto que no sólo la construcción naval se cuenta entre las pocas industrias cuya nomenclatura no ha sido tomada directamente del extranjero, y sonoros nombres castellanos se usan entre los técnicos, sino que muchos de los nombres extranjeros actuales relacionados con los buques fueron tomados del idioma que Cervantes inmortalizó. En España fueron construídos los mejores y mayores buques de madera de distintas épocas, pues no hay que olvidar que en la batalla de Trafalgar poseía España las naves de mayor tonelaje del mundo, y que la batalla del Cabo de San Vicente tuvo por principal objeto el apresamiento de algunos buques de nuestra Marina que pudieran servir como modelo en los astilleros ingleses.

Tan grande era el arraigo de la construcción naval en nuestro país, que, a pesar de la decadencia creciente de los siglos XVII, XVIII y XIX en todas las actividades de la Nación, la construcción

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

naval resistió tenazmente la acción de la descendente marea nacional y figuró en último lugar en el abandono de las posiciones industriales y científicas que desgraciadamente España iba sufriendo, permitiendo la posesión del mínimo número de buques indispensable para las comunicaciones del inmenso Imperio que poco a poco se iba desgajando.

En esta escalera descendente debemos señalar como un rellano la época de Carlos III, fino ejecutor de los programas que habían sido ya preparados por su ilustre predecesor Fernando VI; Carlos III modernizó los astilleros de España y distintos puntos del Imperio, creó nuevos diques, amplió las instalaciones, edificó gran número de talleres auxiliares de la Marina, y su influjo puede aún verse en los más importantes establecimientos constructores de nuestra Marina Militar.

Después, siguió el descenso, las construcciones navales fueron perdiendo cada vez más ritmo, y la mayoría de los buques empleados por los españoles procedían del extranjero. Este descenso sufrió su último empuje con la construcción de buques de hierro en el pasado siglo, y la invención de la máquina de vapor, cosas ambas de imposible realización en España, ya que, si la construcción de buques de madera, debido a la profundidad con que sus raíces se adentraban en el pasado, pudo conservar alguna fuerza, las nuevas materias y procedimientos encontraron al país completamente desnudo de ciencia, de industria y de capitales necesarios para llevarla a cabo, mientras que permitieron a Inglaterra, poseedora de las tres cosas, alcanzar el cénit de su poder durante la época victoriana, y así fuimos obligados, años después, a importar del extranjero técnica, maquinaria y procedimientos que también debían haber florecido aquí.

Lentamente se inició la recuperación y la fundación de importantes compañías de construcción, la mayoría a base de sociedades más antiguas, como la Compañía Euskalduna de Construcción y Reparación de Buques, en 1900, y la Sociedad Española de Construcción Naval, en 1909, que cogió en arriendo los establecimientos más antiguos de construcción de la Marina de Guerra y los modernizó, y además creó nuevos astilleros y fábricas en otros puntos de la Península, por no citar más que a los más importantes.

Hacia 1840 había empezado el uso de las máquinas de vapor en los buques acopladas a ruedas de paletas; máquinas rudimentarias de un cilindro con una presión de 2 Kg/cm^2, con lo que consumían unos 15 ó 20 Kgs. de vapor por cada caballo indicado y hora, con calderas de paredes planas. Después fué elevándose la presión y perfeccionando las máquinas, y así vemos hacia los tres cuartos del siglo pasado aparecer la caldera cilíndrica del tipo parecido a la actual, y saltar, al mismo tiempo, la presión rápidamente hasta 7 Kg/cm^2, y las máquinas se hace primero de doble y luego de triple expansión. Hasta 1880, sin embargo, no existían a bordo más máquinas que las destinadas a mover la hélice o las paletas, a excepción de una bomba pequeña movida por el vapor para todos los servicios de achique y demás del buque. También se introdujo poco antes la maquinilla de vapor para mover el timón. Fueron apareciendo luego las maquinillas de vapor para la carga, y más tarde, después de la aparición de la dínamo, se accionaban éstas también con máquinas de vapor. Pero aún todavía muy entrado el siglo XX navegaban muchos buques de carga sin luz eléctrica; se alumbraba la tripulación con petróleo.

Hacia fin del siglo XIX encontramos ya completamente desarrollada la navegación con máquinas alternativas de vapor. Se generaba éste en calderas cilíndricas de simple o de doble frente, en todo semejantes a las actuales del mismo tipo consiguiéndose presiones de 13 y 14 cm/^{2}; con este vapor se movían máquinas de triple y cuádruple expansión hasta de 10.000 y 20.000 I. H. P. por unidad, el consumo bajó hasta 6 Kgs/I. H. P. hora y el de carbón, con buen carbón se entiende, y en las instalaciones de primera calidad, llegó en los casos mejores a ser 600 gramos por I. H. P. y hora. En las instalaciones corrientes los consumos eran 30 y 40 % mayores. En 1900, los hombres del siglo XIX miraron hacia atrás y se sintieron verdaderamente orgullosos por la labor realizada. Había comenzado con un atraso casi igual al de varios siglos antes y en medio de las guerras napoleónicas, y acababa en paz y el número de nuevas invenciones y el progreso de la técnica, entre ello la invención de la maravillosa máquina alternativa de vapor, que permitió revolucionar los transportes terrestres y marítimos y disponer, por primera vez en la historia de la Humanidad, de una fuerza fácilmente dirigible y regulable distinta de la del hombre o de los animales, los hacía sentirse muy superiores a sus semejantes de cien años antes. Los progresos de la metalurgia, sobre todo, habían sido la clave de la labor realizada.

Además, poco antes de fin del siglo funcionaban por primera vez las turbinas de vapor en el buque «TURBINIA», abriendo así una nueva era a la navegación de grandes buques, se llegó a grandes potencias con pesos pequeños y consumos reducidos de vapor y, por lo tanto, de carbón. Al mismo tiempo se substituyeron las pesadas calderas cilíndricas por las calderas acuotubulares, se pudo así aumentar la presión con mejora de rendimiento, y el combustible líquido fué reemplazando al carbón en todos los grandes buques. El peso por caballo de maquinaria se había reducido a la mitad y el consumo en un 30 % con relación a las máquinas alternativas. La introducción de vapor recalentado contribuyó mucho a las reducciones en el consumo.

Un nuevo sistema de propulsión se introdujo aún. La invención de Rudolf Diesel se introdujo rápidamente en la Marina y, ya en 1912, fué equipado con este modo de propulsión un gran buque, el «SELANDIA», que constituyó un éxito magnífico. Durante los primeros doce años de su vida recorrió 600.000 millas, en los que sólo perdió diez días de navegación debidos a esperas para repasos o reparaciones en la maquinaria. La introducción de los motores Diesel como medio de propulsión en los submarinos contribuyó no poco al desarrollo de tal tipo de motores.

Y así llegamos a 1920, con los campos de aplicación de los tres tipos de propulsión perfectamente delimitados. La máquina alternativa de vapor de triple expansión con presiones de 12 a 14 Kgs/cm^2 en buques de carga ordinarios. Las turbinas de vapor, con presiones de unos 20 Kgs/cm^2 para buques de pasaje y buques de guerra (excepto submarinos) y los motores Diesel, cuya instalación se iniciaba en buques mercantes.

¿Cuál era la situación en España? Una gran parte de la flota mercante estaba constituída por buques cuyo casco y maquinaria habían sido construídos en el extranjero. La construcción de cascos había ya logrado adquirir completamente carta de naturaleza en España y se construían de todos los tamaños, desde el pequeño pesquero hasta el barco de pasaje. La construcción

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

de calderas cilíndricas se hacía ya bien y las máquinas alternativas de vapor no presentaban tampoco grandes dificultades para su construcción y se producían en varias factorías. La situación del progreso y evolución de las máquinas de vapor eran típicas para que se pudiesen construir en un país débilmente industrializado como el nuestro por las siguientes razones:

1.º Prácticamente hacía, por lo menos veinte años, que las características fundamentales de su proyecto no habían variado y, por lo tanto, sus detalles de proyecto no ofrecían misterio alguno y sus planes podían ser desarrollados incluso en factorías pequeñas.

2.º Los principales materiales de que estaban construídos no eran de calidad especial ni muy exigentes; el hierro fundido para cilindros, camisas, columnas y pistones; el acero forjado para cigüeñales, vástagos de pistón y toda clase de ejes, los bronces y demás aleaciones de cobre; el estaño y metal blanco. Todo ello era, en general, producido por la metalurgia nacional salvo algunas excepciones, entre las que mencionaremos las hélices de bronce cuya fabricación no se nacionalizó hasta 1932; las grandes forjas eran ya fabricadas por las instalaciones siderúrgicas nacionales y la construcción en 1918 de la Factoría de Reinosa de la Sociedad Española de Construcción Naval permitió la obtención de grandes forjas procedentes de hornos eléctricos, de muchas aplicaciones en la construcción naval.

Los hornos ondulados de las calderas cilíndricas todavía se importaban del extranjero y la tubería para condensadores de vapor y aletas para turbinas se empezaron a fabricar poco antes de 1920 en España. Los tubos sin soldadura para calderas y tuberías fueron fabricados en España por Babcock & Wilcox a partir de 1921; y

3.º La mecanización de todas las piezas estaba dentro del alcance de la maquinaria-herramienta existente en España en una época en que la importancia del ajuste y la necesidad de la mecanización, dentro de tolerancias fijas, aún no habían penetrado en el ambiente industrial español.

Sin embargo, a pesar de que no existían dificultades para construir antes de 1920 instalaciones con máquinas alternativas de vapor y demás elementos de la instalación de maquinaria de buques, y de existir talleres perfectamente preparados, incluso para máquinas grandes como La Maquinista Terrestre y Marítima, de Barcelona, que desde su fundación en 1856 se había dedicado a estos trabajos, y desde esa época hasta fin de siglo había construído muchas instalaciones para la Marina de Guerra y Mercante, entre las que destacan las de los cruceros «PRINCESA DE ASTURIAS» y «CATALUÑA», de 15.000 caballos cada una, y del «EMPERADOR CARLOS V», con 18.000 caballos, el hecho es que desde fin de siglo hasta 1920, y aun después, casi toda la maquinaria fué importada del extranjero a causa de una lamentable y miope política económica nacional, y no sólo las máquinas principales, sino las máquinas auxiliares, calderas, elementos de acero laminado, válvulas y tubería, todo lo cual podía construirse en España a partir de 1920.

Otros talleres, como los de la Compañía Euskalduna de Construcción y Reparación de Buques, los Talleres de Zorroza y otros menores estaban en disposición de construir máquinas grandes de vapor y, efectivamente, construyeron algunas, aunque la mayor parte de su producción era de máquinas pequeñas de remolcadores y pesqueros.

Puede citarse el hecho de que en buques de eslora superior a 60 metros, construídos por la Compañía Euskalduna desde su fundación en 1900 hasta 1920, principal astillero español en toda esa época, ni uno sólo llevaba máquina española; casi todas eran importadas de las casas inglesas BLAIR & Co., de Stockton, o de J. G. Kincaid & Co. Ltd., de Greenock.

La construcción en España de las calderas acuotubulares de vapor para usos marinos y las turbinas de vapor fué consecuencia, como gran parte de los perfeccionamientos que se produjeron en España en la maquinaria naval, incluso en la propulsión Diesel, de la gran revolución naval que se produjo en España con el plan de escuadra de 1909, que trajo como consecuencia la fundación de la Sociedad Española de Construcción Naval, porque no sólo la construcción de la Marina de Guerra fué nacionalizada a partir de entonces con todas las complicaciones industriales que ello entrañaba, sin tener que depender del extranjero como sucedía anteriormente, sino que la Marina Mercante también sufrió transformación profunda.

La construcción de la tercera alternativa en propulsión, los motores Diesel, todavía no había sido siquiera iniciada, pero la experiencia del «SELANDIA» y todos los demás buques de guerra y mercantes de la guerra 1914-1918 hizo que pronto tomase gran incremento.

3.—CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES DESPUÉS DE 1920

Los años inmediatamente posteriores a 1920 fueron muy malos para la construcción naval española, como en todos los países, debido al exceso de tonelaje que se había construído durante

Tonelaje total de buques lanzados al agua en astilleros españoles de 1920 a 1950

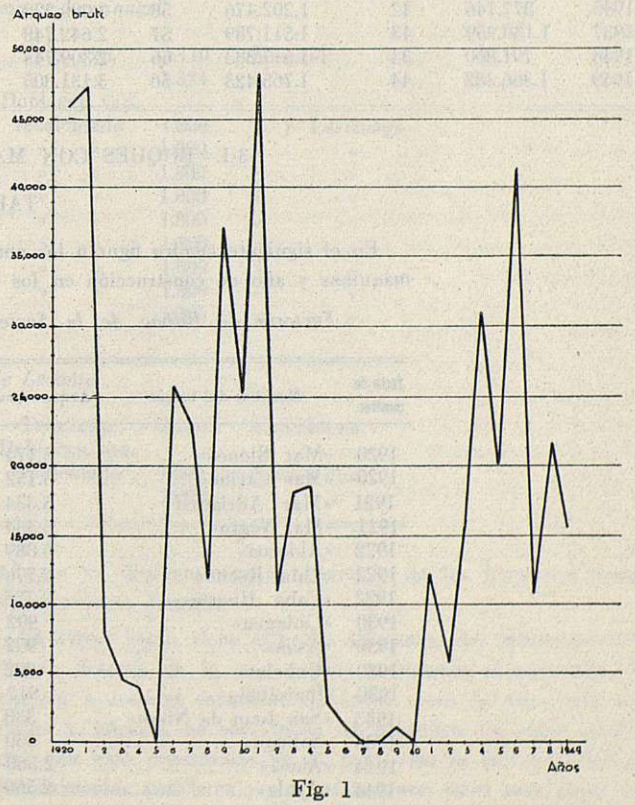


Fig. 1

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

los años de la primera guerra mundial y a la gran caída de fletes que entonces se produjo. Sin embargo, como puede verse en el gráfico de tonelaje lanzado al agua por los principales astilleros españoles (fig. núm. 1), poco después de esta depresión, durante los años 1925 a 1931, la construcción naval tuvo un gran auge, que terminó con la crisis económica que tuvo lugar en aquella época. Después, en 1940, se inició otra época de gran actividad en los astilleros.

TABLA I

Tonelaje mundial de vapores y buques de motor lanzados al agua entre 1920 *y* 1950 (*buques mayores de* 100 *tons.*)

(Según Lloyd's Register of Shipping.)

AÑOS	VAPOR		MOTOR DIESEL		TOTAL
	Tonelaje bruto	% del total	Tonelaje bruto	% del total	Tonelaje bruto
1920	5.553.007	97	189.977	3	5.742.984
1921	3.967.733	93	306.642	7	4.274.375
1922	2.216.172	92	209.557	8	2.425.729
1923	1.388.750	86	226.040	14	1.614.790
1924	1.698.943	77	501.798	23	2.200.741
1925	1.298.696	61	843.629	39	2.142.325
1926	926.128	57	704.006	43	1.630.134
1927	1.375.828	61	863.694	39	2.239.522
1928	1.476.955	56	1.180.957	44	2.657.912
1929	1.504.176	54	1.265.743	46	2.769.919
1930	1.252.000	40	1.583.000	60	2.635.000
1931	683.000	43	920.495	57	1.603.495
1932	455.597	63	269.000	37	724.597
1933	141.738	30	337.821	70	479.559
1934	391.176	41	563.601	59	954.777
1935	477.704	37	812.956	63	1.290.660
1936	877.746	42	1.202.476	58	3.080.222
1937	1.130.959	43	1.511.789	57	2.642.748
1948	791.860	34	1.517.883	66	2.309.743
1949	1.366.382	44	1.765.423	56	3.131.805

En la tabla I puede verse el tonelaje lanzado al agua en el mundo de 1920 a 1950, excluídos 1938 a 1947, y su división entre propulsión a vapor y Diesel. Como se ve, hacia 1920 el mundo estaba iniciando la instalación de maquinaria con motores Diesel; sólo el 3 % del nuevo tonelaje tenía esta propulsión mientras que el 97 restante era vapor.

El crecimiento del Diesel fué rápido a partir de entonces. Hacia 1930 se igualaron ambas categorías, y ya, salvo la pequeña excepción de 1932 y los años de guerra, abandonó la supremacía el vapor. En 1949, la proporción era 56 % de Diesel y el resto 44 % de vapor. A continuación ofrecemos un desglose de las cifras de 1949 en diferentes calidades:

VAPOR	Tons.	%	Tons. totales
Máquinas alternativas	254.716	8,3	
Comb. de máq. alt. y turb. exh.	83.952	2,7	
Turbinas engranadas	1.015.811	32,5	
Turboeléctricos	11.903	0,04	1.366.382
DIESEL			
Diesel simple	1.750.291	56,4	
Diesel eléctrico	15.022	0,06	1.765.423
TOTAL			3.131.805

Como se ve, las máquinas alternativas de vapor sólo entran en el 11 % del total de construcción en ese año. De la maquinaria propulsora por vapor 1.156.000 tons. está dispuesto para quemar «fuel-oil», de modo que sólo 6,7 % depende del carbón para su propulsión.

Vamos a ver a continuación, con un poco más de detalle, las principales instalaciones de maquinaria de los buques construídos en los más importantes astilleros nacionales de 1920 a 1950, en cada una de las tres clases, básicas de propulsión: máquinas alternativas, turbinas de vapor y motores Diesel.

3-1.—BUQUES CON MÁQUINAS ALTERNATIVAS

TABLA II

En el siguiente cuadro figuran los nombres de los buques con los constructores de máquinas y año de construcción en los astilleros más importantes.

Factoría de Bilbao de la Sociedad Española de Construcción Naval.

Fecha de construc.	Nombre del buque	Arqueo bruto	Tipo de máquina	Potencia indicada	Casa construct. de la máquina
1920	«Mar Blanco»	5.174	Trip. exp.	2.320	Kincaid
1920	«Mar Caribe»	5.152	» »	2.100	»
1921	«Mar Adriático	5.334	» »	2.700	»
1921	«Mar Negro»	5.334	» »	1.084	»
1922	«Aldecoa»	6.089	» »	2.500	»
1922	«Cabo Roche»	2.776	» »	1.200	Blair
1922	«Cabo Huertas»	2.776	» »	1.200	»
1930	«Cadagua»	992	» »	1.000	Naval-Bilbao
1930	«Asua»	992	» »	1.000	» »
1930	«Gobelas»	992	» »	1.000	» »
1930	«Ibaizábal»	912	» »	650	» »
1933	«San Juan de Nieva» ...	330	» »	400	» »
1933	«Sabugo»	330	» »	400	» »
1944	«Álava»	2.560	» »	1.000	Talleres Zorrosa
1944	«Ayala»	2.560	» »	1.000	» »

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Fecha de construc.	Nombre del buque	Arqueo bruto	Tipo de máquina	Potencia indicada	Casa construct. de la máquina
1944	«Tajo»	2.747	Dobl. exp. vap. recalentado	1.800	Naval-Bilbao
1944	«Segre»	7.747	» »	1.800	» »
1945	«Benicarló»	2.747	» »	1.800	» »
1945	«Benicasim»	2.747	» »	1.800	» »
1945	«Benidorm»	2.747	» »	1.800	» »
1947	«Alcalá»	2.604	» »	1.800	» »
1947	«Alcázar»	2.604	» »	1.800	» »
1950	«Villagarcía»	2.604	» »	1.800	» »
1950	«Villaviciosa»	2.604	» »	1.800	» »
	Compañía Euskalduna de Construcción y Reparación de Buques				
1920	«Poeta Arolas»	3.254	Trip. exp.	1.700	Eukalduna
1920	«Guillén Sorolla»	3.254	» »	1.600	»
1920	«Monte Naranco»	5.794	» »	2.100	Centr. Marine Eng.
1920	«Monte Navajo»	5.754	» »	2.100	Dickinson
1921	«Zorroza»	4.598	» »	2.110	Centr. Marine Eng.
1921	«Monte Galera»	3.222	» »	1.700	Blair
1921	«Monte Castelo»	3.222	» »	1.534	»
1921	«Monte Espadán»	2.543	» »	1.000	Euskalduna
1921	«Monte Corona»	2.572	» »	1.134	»
1924	«Araya-Mendi»	3.740	» »	1.000	»
1926	«Cabo Razo»	2.879	» »	1.700	Blair
1934	«Jaizkibel»	703	» »	450	Euskalduna
	Factoría de Matagorda de la Sociedad Española de Construccion Naval				
	«Villamanrique»...	2.604	Dobl. exp. vap. recalentado	1.800	U. N. de Levante
	«Villacastín»	2.604	» »	1.800	» »
	«Villablanca»	2.604	» »	1.800	» »
	«Villamartín»	2.604	» »	1.800	» »
	Astilleros "Echevarrieta y Larrínaga"				
1920	«Cabo Espartel»	3.712	Trip. exp.	2.110	Kincaid
1921	«Cabo San Sebastián»...	2.261	» »	1.324	»
1945	«Santo Domingo»	3.929	Dobl. exp. vap. recalentado	1.800	E. y Larrínaga
1946	«Almadén»	2.604	» »	1.800	» »
1947	«Almazán»	2.604	» »	1.800	» »
1948	«Villafranca»	2.604	» »	1.800	» »
1948	«Villanueva»	2.604	» »	1.800	» »
	«Torremolinos»	3.300	» »	1.800	» »
	«Torrelavega»	3.300	» »	1.800	» »
	«Villacarriedo»	2.604	» »	1.800	» »
	«Villalar»	2.604	» »	1.800	» »
	Unión Naval de Levante				
1928	«Plus Ultra»	4.312	Trip. exp.	2.200	Euskalduna
1946	«Ciudad de Alcira»	2.604	Dobl. exp. vap. recalentado	1.800	Naval-Bilbao
1947	«Ciudad de Salamanca»	2.604	» »	1.800	» »

En esta estadística se ve, en primer lugar, que las máquinas de vapor eran hacia 1920 todas extranjeras y de las casas inglesas Kincaid y Blair principalmente, como ya hemos dicho antes.

En segundo lugar, se ve cómo al pasar los años se van construyendo más porcentaje de máquinas en el país. Son el 100 % nacionales a partir de 1926, aunque todavía se importaban muchos elementos de las instalaciones, al mismo tiempo que su número va disminuyendo en beneficio de los buques a motor, como veremos después.

En tercer lugar, viene el hecho diferencial del Movimiento Nacional, después de lo cual cambia totalmente el panorama. Se vuelven a instalar máquinas de vapor, pero de tipo muy moderno y, además, no sólo todas las máquinas de vapor instaladas han sido construídas en el país, sino la casi totalidad de los elementos auxiliares y de instalaciones, salvo muy pocas ex-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

TABLA IV

Buques de motor

Factoría de Bilbao, de la Sociedad Española de Construcción Naval.

Fecha de construc.	Nombre del buque	Clase	Arqueo bruto	Tipo de motor	Potencia BHP	Casa constructora del motor
1930	«Cabo San Antonio»	Mixto	12.589	MAN	7.200	MAN
1931	«Cabo San Agustín»	»	12.589	»	9.200	»
1931	«Cabo Santo Tomé»	»	12.589	»	9.200	»
1935	«Dómine»	Pasaje	6.914	M. T. y M. Krupp	5.000	M. T. y Marítima
1944	«Tifón»	Pesquero	1.360	C. N. Sulzer	1.200	Naval-Bilbao
1944	Mareiro»	»	1.360	»	1.200	» »
1945	«Aquilón»	»	1.360	»	1.200	» »
1945	Vendaval»	»	1.360	»	1.200	» »
1945	«Alisio»	»	1.360	»	1.200	» »
1946	«Tornado»	»	1.360	»	1.200	» »
1948	«Monte Urbasa»	Mixto	6.500	Sulzer	7.300	Sulzer
1949	«Monte Urquiola»	»	6.500	C. N. Sulzer	7.300	Naval-Bilbao
	«Monasterio de El Escorial»	»	6.500	Sulzer	7.300	Sulzer
	«Monasterio de Guadalupe»	»	6.500	C. N. Sulzer	7.300	Naval-Bilbao
	Compañía Euskalduna, de Construcción y Reparación de Buques					
1923	«Monte Gorbea»	Carga	3.721	B. & Wain	2.250	Harland & Wdf.
1927	«Cabo Palos»	Mixto	6.342	MAN	2.800	MAN
1928	«Ebro»	Frutero	2.522	Sulzer	1.880	Sulzer
1929	«Monte Albertia»	Mixto	2.955	B. & Wain	1.650	B. & Wain
1929	«Monte Almanzor»	»	2.955	»	1.650	» »
1929	«Monte Altube»	»	2.955	»	1.650	» »
1929	«Monte Amboto»	»	2.955	Sulzer	1.650	Sulzer
1929	«Monte Arnabal»	»	2.955	B. & Wain	1.650	B. & Wain
1929	«Monte Ayala»	»	2.955	Sulzer	1.650	Sulzer
1930	«Monte Abril»	»	2.955	B. & Wain	1.650	B. & Wain
1930	«Mar Cantábrico»	Mixto	6.632	B. & Wain	3.700	B. & Wain
1930	«Mar Negro»	»	6.632	»	3.700	» »
1931	«Campoamor»	Petrolero	7.858	MAN	3.600	MAN
1931	«Turia»	Frutero	2.610	Sulzer	1.880	Sulzer
1932	«Campeador»	Petrolero	7.932	MAN	3.600	MAN
1935	«Fernando Poo»	Pasaje	6.914	M. T. y M. Krupp	5.000	M. T. y Marítima
1943	«José Calvo Sotelo»	Petrolero	8.452	C. N. B. & Wain	3.850	Naval-Bilbao
1948	«Monte Udala»	Mixto	6.500	Sulzer	7.300	Sulzer
	«Campamento»	Petrolero	8.452	M. T. y M. B. & Wain	3.850	M. T. y Marítima
	«Monte Umbe»	Mixto	6.500	C. N. Sulzer	7.300	Naval-Bilbao
	«Monasterio de La Rábida»	»	6.500	»	7.300	» »
	«Monasterio El Paular» ...	»	6.500	»	7.300	» »
	Factoría de Matagorda (Cádiz), de la Sociedad Española de Construcción Naval					
1932	«Campones»	Petrolero	6.276	B. & Wain	2.950	M. & Wain
1934	«Campeche»	»	6.382	C. N. Sulzer	2.850	Naval-Bilbao
1944	«Campante»	»	8.452	M. T. y M. B. & Wain	3.850	M. T. y Marítima
1947	«Bailén»	»	8.452	C. N. B. & W.	3.850	Naval-Bilbao
1950	«Campiz»	»	8.452	»	3.850	» »
	Astilleros de Echevarreta y Larrínaga					
1931	«Ciudad de Málaga»	Pasaje	1.550	MAN	1.900	MAN
1931	«Ciudad de Mahón»	»	1.550	»	1.900	»
1932	«Campas»	Petrolero	6.276	B. & Wain	2.950	B. & Wain
1934	«Campero»	»	6.382	C. N. Sulzer	2.850	Naval-Bilbao
	Unión Naval de Levante					
1926	«Ciudad de Algeciras»	Pasaje	841	Krupp	2.200	Krupp
1928	«Ciudad de Ceuta»	»	879	»	2.200	»
1930	«Ciudad de Alicante»	»	2.434	MAN	2.240	MAN
1931	«Ciudad de Valencia» ...	Mixto	2.497	»	2.240	»
1933	«Ciudad de Ibiza»	»	2.034	Krupp	1.500	Harland & Wolff.
1933	«Ciudad de Tarragona» ...	»	2.034	»	1.500	Krupp

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Fecha de construc.	Nombre del buque	Clase	Arqueo bruto	Tipo de motor	Potencia BHP	Casa constructora del motor
1933	«Campuzano»	Petrolero	6.320	B. & Wain	2.950	B. & Wain
1936	«Campilo»	»	3.871	M. T. y M. B. & Wain	3.800	M. T. y Marítima
1945	«Campeón»	»	8.458	M. T. y M. B. & Wain	3.850	» »
1948	«Explorador Iradier»	Mixto	6.100	B. & Wain	7.000	B. & Wain
1949	«Conde de Argelejo»	»	6.100	»	7.000	» »
1950	«Aruba»	Petrolero	8.452	M. T. y M. B. & Wain	3.850	M. T. y Marítima
	«Campanil»	»	8.452	»	3.850	» »
	«Transbordador núm. 1» ...	Pasaje	3.250	»	5.300	» »
	«Transbordador núm. 2» ...	»	3.250	»	5.300	» »
	«B - 54»	»	6.100	C. N. B. & W	7.000	Naval-Bilbao
	«B - 55»	»	6.100	»	7.000	» »

En esta tabla se ve muy bien el progreso en España de la construcción de motores Diesel marinos. Durante los primeros años todos los motores eran importados y gradualmente han sido construídos buques con motores nacionales.

La construcción de motores Diesel marinos en España fué iniciada en 1922 en la Factoría de Sestao de la Sociedad Española de Construcción Naval con la construcción de varios motores para los submarinos tipos «B» y «C»; luego, la citada Factoría construyó también algunos motores pequeños para diversos usos, pero, en realidad, los primeros grandes motores que construyó fueron destinados a los buques tanques «CAMPERO» y «CAMPECHE», de 1.940 caballos efectivos por unidad. Luego se inició la serie de los motores de 2.500 HP. a 450 r. p. m. para los submarinos tipo «D» de características muy especiales, debido a la gran reducción de peso necesaria; el equipo propulsor para el petrolero «JOSÉ CALVO SOTELO» con dos motores de 1.925 HP. a 125 r. p. m., repitiéndose el mismo equipo para los petroleros «BAILÉN» y «CAMPIZ»; la serie de motores de 1.200 HP. a 250 r. p. m. para buques bacaladeros y la serie de motores de 3.500 HP. a 125 r. p. m. para los buques mixtos del tipo «EXPLORADOR IRADIER» y la gran serie de motores de 7.300 HP. a 125 r. p. m. para los buques tipo «MONTE URBASA». Además de estos motores grandes se han construído una gran cantidad de motores menores de 1.000 HP., unos para los grupos electrógenos de los buques citados y algunos otros más, y otros para propulsión de buques costeros de pesca y remolcadores.

La Maquinista Terrestre y Marítima que, como hemos visto antes, ya desde el siglo XIX había construído instalaciones de vapor para buques y después alcanzó merecida fama en la construcción de locomotoras de vapor, calderas, puentes metálicos, grúas y diversas otras construcciones, inició en 1933 la fabricación de motores Diesel con la construcción de los motores propulsores del «PLUTON», de 975 caballos efectivos a 125 r. p. m., y luego otro equipo igual para el «CAMPILO»; siguieron los equipos propulsores de 2.500 HP. a 120 r. p. m. para los buques «DÓMINE» y «FERNANDO POO», y luego construyó la serie de motores de 1.925 HP. a 125 r. p. m., similares a los del «JOSÉ CALVO SOTELO», para equipar la serie de buques de «CAMPSA», «CAMPANTE», «CAMPEÓN», «CAMPAMENTO», «ARUBA» y «CAMPANIL» y ha iniciado la serie de los motores de 2.650 HP. a 210 r. p. m. para los buques transbordadores en construcción.

También ha construído motores de 1.200 caballos a 205 r. p. m. de 1.050 caballos a 350 r. p. m. para buques bacaladeros, así como otros de menor potencia para diversos usos.

La casa Hijos de J. Barreras, S. A., construye todos los tipos de motores entre 50 y 1.000 B. H. P. para buques pequeños y pesqueros.

Por último, recientemente ha iniciado también la construcción de motores Diesel empezando por ahora con tipos de alrededor de 500 caballos, la Sociedad Española de Construcciones Babcock & Wilcox, que desde hace muchos años se dedicaba también con excelente éxito a la construcción de locomotoras, calderas de vapor, grúas, construcciones metálicas y tuberías de acero forjado.

La mayoría de los motores de gran potencia que se construyen en España se hacen con licencia de casas extranjeras, principalmente Sulzer, Burmeister & Wain, Werkspoor y Krupp, pero esto no tiene nada de extraño ni hace desmerecer al país, ya que esto sucede en casi todas las naciones del mundo, e incluso países muy importantes, como Francia, Inglaterra, Japón, Italia, Rusia, a pesar de que algunos de ellos tienen patentes propias, construyen también motores con licencias extranjeras. Inglaterra, por ejemplo, prácticamente no posee más que una sola marca de motores de gran potencia, el Doxford, y construye, además, gran cantidad de motores con licencias suizas, danesas, holandesas y suecas. Es curioso señalar que son dos pequeños países, como Suiza (Sulzer) y Dinamarca (Burmeister & Wain), y uno de los cuales no tiene mar, los que poseen las marcas de motores Diesel marinos más extendidos en el mundo.

La construcción de los motores Diesel en España desde 1922 ha sufrido, naturalmente, un cambio radical. En aquella época aún había que importar del extranjero los materiales más importantes, e incluso parte de las fundiciones procedían de fuera. En 1950, tras varios años de ímprobos esfuerzos, se ha logrado nacionalizar casi totalmente la industria del motor Diesel. Lo poco que falta para que sea total se debe a una serie de circunstancias relacionadas con la industria auxiliar que luego expondremos. En cuanto a tamaño, se ha pasado desde el motor de 450 HP. al motor de 7.300 caballos, de los que actualmente se han construído, o están en construcción, cinco unidades. Es de advertir que en el extranjero, en general, no se construyen motores de más potencia, o si se construyen son con mayor número de cilindros o de doble efecto, de modo que se puede decir sin ninguna exageración que hemos llegado al techo en este aspecto.

En los motores de gran potencia hay dos tipos que se están

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

construyendo en serie actualmente en España, y de los que es lógico se construyan en el futuro todas las demás unidades, por las razones de todo orden que significa disponer de gran número de motores repetidos.

Uno de ellos es el tipo Sulzer, de 730 caballos por cilindro con dimensiones de 720 m/m. de diámetro y 1.250 m/m. de carrera que gira a 125 r. p. m. (fig. 4). Se pueden construir desde cuatro hasta 12 cilindros, con lo que se cubre la zona de 3.000 a 9.000 caballos. Es de dos tiempos con lumbreras de barrido para admisión y exhaustación y con una bomba de barrido cada cilindro. Se refrigera con agua dulce y las bombas de lubrificación y refrigeración se mueven con motores eléctricos independientes.

El otro es el tipo Burmeister & Wain, de 500 caballos por cilindro con dimensiones de 620 m/m. de diámetro y 1.150 m/m. de carrera, que puede girar hasta 150 r. p. m., con lo que queda cubierta la gama de 2.400 hasta 6.000 caballos por motor. Es también de dos tiempos; verifica la admisión del barrido por lumbreras situadas en la parte baja del cilindro y la exhaustación por una válvula situada en la culata; el aire de barrido proviene de una soplante rotativa incorporada al motor. También se refrigera por agua dulce y son también independientes las bombas de lubricación y refrigeración.

Con las características generales de ambos tipos, pero con dimensiones menores, se pueden construir también motores medianos desde 200 a 3.000 caballos, zona que enlaza con los grandes.

Por último, se construye gran número de tipos menores de 200 caballos y existen gamas de motores de patente completamente española para potencias inferiores a 200 caballos. Es muy de desear, y ello parece posible, que esta gama de motores, de patente totalmente nacional, se extienda hacia arriba hasta quedar totalmente independientes en motores menores de 1.000 caballos.

Por tanto, ya no existe necesidad de importar en España motores de ningún tipo ni potencia; si se han importado alguno últimamente, entre ellos gemelos, de los que se construyen en los talleres españoles, ha sido porque las dificultades materiales del país impedían tenerlos a tiempo para montarlos en los respectivos buques.

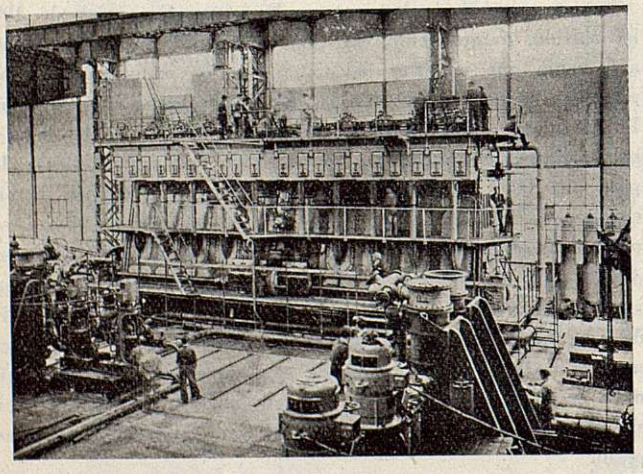


Fig. 4

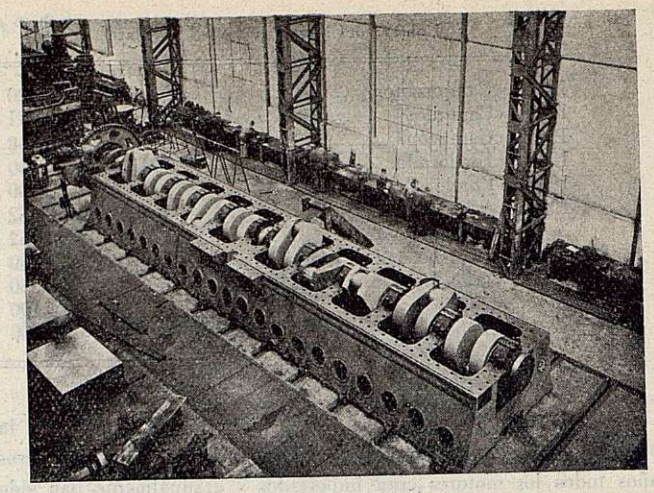


Fig. 5

4.—LA CONSTRUCCIÓN ACTUAL EN ESPAÑA DE LOS MOTORES E INSTALACIONES MARINAS DIESEL

Las dos factorías que construyen motores de gran potencia han tenido que levantar enormes naves para el montaje y prueba de estos motores, adquirir gigantescas y costosísimas máquinas-herramientas para el mecanizado de piezas grandes y máquinas de precisión pequeñas para ciertas piezas de precisión extraordinaria, proveerse de útiles especiales para la medida y comprobación exacta de las dimensiones y, sobre todo, proceder a la preparación lenta y costosa del personal técnico y obrero capaz de enfrentarse con los problemas que presentan estas construcciones.

Sin embargo, todas las dificultades se han superado, todos los obstáculos se han vencido y la industria de construcción de motores Diesel puede presentar hoy un índice de progreso y realizaciones inferior en nada a los máximos que pueda presentar cualquier otra industria española.

En fundición de hierro se han logrado producir coladas de la calidad especial y complicada que es necesaria y con un peso hasta de 33 tons. por pieza; en bronce se ha logrado fundir toda la enorme variedad que exigen los motores modernos; incluso las hélices de bronce-manganeso que se importaban hasta 1932 y que desde entonces no ha sido necesario importar ninguna para las Marinas Mercante ni de Guerra, por ser las características de su material inmejoradas en el extranjero; y un peso bruto hasta de 17 tons.; las piezas forjadas se construyen del tamaño y calidad que se requiere; basta decir que algunos ejes de cola construídos pesan hasta 26 tons., y el cigüeñal de un motor construído pesa 60 tons. (fig. 5), aunque en varias piezas; los aceros y aleaciones especiales se construyen en las fábricas nacionales de la inmensa gama que se necesita para los diversos usos.

Por otro lado, el adiestramiento del personal constructor ha alcanzado desarrollo muy elevado. Se han creado Escuelas de Aprendices para la preparación del personal; cada taller importante lleva anejas importantes secciones para la preparación del trabajo; se ha enseñado al personal el manejo de la moderna maquinaria y de la técnica moderna, no ahorrando esfuer-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

zo ni dinero y enviando al extranjero para su capacitación completa a toda la gama de personal, desde el ingeniero hasta el obrero, y, por último, se ha enseñado al operario una cosa que prácticamente desconocían sus compañeros de 1920; la idea de la precisión y la tolerancia en las medidas. En aquella época en España los planos marcaban simplemente las medidas, y el grado de terminación quedaba simplemente a cargo del ojo del operario o del maestro. Hoy día, en estas construcciones, el panorama ha variado totalmente; cada fábrica importante tiene un cuerpo de inspectores o de verificadores que rechaza cualquier pieza que se salga de las tolerancias indicadas en los planos.

Incluso las piezas más delicadas se construyen hoy en España, en estas fábricas, como las bombas de combustible y los inyectores, cuya construcción nacional se consideraba antes imposible por la precisión que necesita.

Asimismo, todas las grandes dificultades que supone el montaje y ajuste de las enormes piezas que constituyen un motor de 7.300 caballos con un peso neto de 500 tons., que deben enlazarse con unas tolerancias en las medidas muy estrictas, han sido ya superadas.

Las pruebas de estos enormes motores, que se verifican acoplados a frenos hidráulicos en enormes naves dotadas de costosísimos aparatos especiales, han tenido lugar, con excelente éxito, lo mismo las pruebas de funcionamiento a bordo de los buques sin ninguna diferencia con los motores gemelos de las casas extranjeras que navegan en otros buques.

¿Qué dificultades encuentra hoy la construcción en España de motores Diesel y en general la construcción de máquinas marinas?

Dificultades de orden técnico puro que falten por vencer, ninguno. En el orden que podríamos llamar comercial lo principal, que es común con la mayoría de las industrias, es la dificultad de acopio de los materiales, y supongo que al enjuiciar el momento actual en este Congreso de Ingeniería, todos los componentes llegarán a las mismas conclusiones. Si a los esfuerzos de orden técnico, que supone la construcción de motores Diesel, añadimos las del acopio de materiales, la situación se hace extraordinariamente difícil. Sin acopios asegurados no se pueden establecer programas de trabajo, o hay que variarlos continuamente para dedicarse no a las piezas en su orden lógico de fabricación, sino en la medida del material bruto que va llegando. Al no poderse establecer programas fijos se hace muy difícil hacer las piezas en serie, con lo que las primas de trabajo se hacen más difíciles y a los obreros les es muy difícil mantener el espíritu de trabajo; hay que substituir unos materiales brutos por otros de diferentes dimensiones, con lo cual se producen pérdidas por empleo de excesivo material, pérdidas por exceso de mano de obra y retrasos en la terminación de la obra. Al mismo tiempo, las órdenes y contraórdenes que hay que dar continuamente para adaptarse en cada momento a las disponibilidades del material y obra entorpecen notablemente la organización de conjunto y hacen que los elementos directivos, técnicos y maestros, empleen en la búsqueda de material y recepción y transmisión de órdenes y contraórdenes un tiempo que sería mucho más útil en las funciones realmente propias de cada uno, al mismo tiempo que sería mucho más difícil cometer un error de fabricación que pueda causar la pérdida de una pieza.

La otra gran dificultad con que cuenta la industria española de construcción de máquinas e instalaciones marinas es una, que como la anterior, no cuenta entre las dificultades de sus homólogas del extranjero, y se refiere a la construcción de elementos menores y auxiliares de las instalaciones. Como hemos indicado en la iniciación de este trabajo, un buque es una construcción complicada por la gran variedad de elementos que contiene de todos los tipos de industrias.

Un buque, en todos los países del mundo, es un orgullo nacional que cada uno va mostrando a los demás al tocar los diferentes puertos extranjeros y, como tal, todos ellos desean que no tengan ningún defecto que ofrecer a la vista de los otros, y no cabe duda de que la opinión que un país tiene de otro, con tanta influencia en las relaciones internacionales en general, está muy ligada a la de los buques que le envía. Además, constituye una síntesis del país, puesto que toda la industria participa en él con alguno de sus productos. Basta hojear las páginas de los anuarios de cualquier revista técnica naval poco después de la puesta en servicio de un buque importante para ver cómo los industriales del país, incluso modestos y aparentemente alejados de la construcción naval, han puesto su mano en la obra. Recuérdese el orgullo de Inglaterra con sus mastodontes «QUEEN MARY» y «QUEEN ELISABETH» y el de Francia con el «NORMANDIE».

No obstante, en el caso de las instalaciones de maquinaria construída en España hay una diferencia fundamental con el extranjero. Allí, en un gran astillero, del tipo de alguno de los que hay en España, sólo construyen la gran maquinaria, pues todos los elementos menores los compran a otra industria auxiliar que los fabrica en excelentes condiciones de calidad y de precio, con lo cual su labor y su organización interna quedan notablemente simplificadas, así como la economía de la construcción en general. En una buena organización de trabajo las piezas y elementos pequeños y simples deben ser construídos en talleres apropiados, fuera de las grandes factorías.

Sin embargo, es doloroso decirlo, y de ello es importante que se saquen las consecuencias precisas, que esa industria pequeña de auxilio a la construcción de máquinas marinas en España o no existe, o la que existe no está en condiciones de ofrecer sus productos a aquélla. Mientras que los treinta años últimos la industria de construcción de máquinas ha progresado en la forma que acabamos de reseñar, la auxiliar, salvo honrosas y contadas excepciones, ha permanecido donde estaba. Dos cosas caracterizan una buena construcción: que la composición y calidad de los materiales sea exactamente la precisa y que los ajustes sean los necesarios. Pues bien; la industria auxiliar, en general, carece de lo uno y de lo otro, y lo que vulgarmente se conoce con el nombre de «chapuza» campea por sus respetos en todos ellos. ¿Qué estado no será el actual cuando una construcción tan sencilla y simple como una válvula para vapor a presión ha de ser construída por el propio astillero constructor de la maquinaria principal, si desea que sea del resultado eficaz y el armador no reclame su cambio al terminar el primer viaje? Lo mismo sucede con multitud de piezas pequeñas, como tornillos, espárragos, bridas, etc., que podían ser rápida y económicamente producidas por talleres pequeños y que no se les puede encargar por su baja calidad.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Cuando se ven los talleres extranjeros constructores de motores, con sus almacenes repletos de material de todos los tamaños perfectamente clasificado, con autonomía para seis meses y a veces hasta un año de trabajo, y se contempla cómo las piezas fluyen ordenadamente y sin tropiezos de los distintos talleres de la fábrica y desde los talleres del exterior a las naves de montaje y se ve a cada operario, maestro o ingeniero dedicado exclusivamente y con amplitud de tiempo a su misión, sin tener que luchar contra los suministros, se comprende por qué es tan eficaz su labor.

El problema del motor Diesel marino en España ha quedado definitivamente resuelto, a pesar de todas las dificultades anteriores. En 1950, tiene en España las mismas circunstancias favorables para su construcción, como las que hemos enumerado anteriormente en 1920 para la maquinaria de vapor, con la diferencia a su favor de que, como luego veremos, el futuro del motor Diesel está mucho más asegurado que lo estaba en 1920 la máquina de vapor.

No obstante, existe todavía una diferencia importante entre la construcción en el extranjero y en España, y se refiere a la maquinaria-herramienta. Allí la maquinaria-herramienta ha alcanzado un grado de precisión y rapidez que en España se desconocía hasta ahora. Esa precisión hace que todas las piezas sean intercambiables y la rapidez en el corte hacen posible producir mucho con poco costo. Para terminar en España las piezas igual que las extranjeras hace falta aún bastante labor de ajuste.

Las circunstancias, primero, de nuestra guerra anterior, y luego, la universal y la carencia de divisas han impedido hasta ahora llenar ese hueco, pero actualmente algunos de los más importantes talleres de motores Diesel españoles están siendo equipados con la más moderna maquinaria-herramienta especial, de elevadísimo coste, que le permitirá aumentar y mejorar su producción notablemente. Particularmente el mecanizado de grandes piezas, como columnas y bancadas de grandes motores, así como cilindros y camisas se verificará con rapidez y precisión extraordinaria merced a esa nueva maquinaria, y puede afirmarse que los tiempos de mecanizado con herramientas especiales reducirán aproximadamente de doce a uno comparándolo con las herramientas corrientes en muchos talleres; al mismo tiempo que el dotar a los talleres de rectificadoras para grandes piezas permitirá una reducción de costo, puesto que, al exigirse menos precisión en las primeras operaciones y desaparecer la labor manual a lima, el número de horas empleadas por pieza quedaría sensiblemente disminuída.

Había que añadir algo respecto a la calidad de la materia prima. No cabe duda de que la consecución de la materia prima sana ha sido muy difícil para las empresas productoras de metales, en estos años de guerra civil, preguerra, guerra caliente y guerra fría. Dichas empresas han realizado meritorios esfuerzos para que su calidad no decaiga. Es muy de desear que dichos esfuerzos continúen, porque la baja calidad del material puede llevar a pérdidas enormes y hasta al colapso a la industria transformadora mecánica. En este aspecto habría que añadir que al revés de lo que hemos dicho sucede con la pequeña industria mecánica, la pequeña industria de producción de acero y de metales, a pesar de las dificultades actuales y también con excepciones se está equipando con hornos modernísimos, de modo que su calidad es igual y mejor que la producida por la gran industria, y por eso es tanto más de desear que no se duerma sobre sus laureles.

5.—LOS PRECIOS ACTUALES DE LAS INSTALACIONES PROPULSORAS MARINAS EN ESPAÑA Y LOS PLAZOS DE ENTREGA

Ha sido un tópico muy vulgar el decir que las máquinas y motores construídos en España eran caros, sobre todo en la época anterior a las cuentas de compensación y cambios especiales de importación, en la época en que las circunstancias especialísimas del comercio internacional permitían cambios bajos en las divisas. En la actual situación del comercio internacional español las cosas ya han cambiado mucho.

Es evidente que en piezas o motores de uso corriente, que permita su producción en grandes series, el precio será mucho más bajo en los países en que esas grandes series puedan producirse que en los demás.

Eso sucede, por ejemplo, con los automóviles, a pesar de que en Norteamérica los jornales y el nivel de vida de los operarios son enormemente superiores a los europeos, pueden mantener competencia en precios. Lo mismo sucede con motores Diesel pequeños para grupos electrógenos y otros usos, en los que la competencia americana es temible, pues incluso fábricas especialistas europeas muy conocidas no pueden luchar contra ella.

No obstante, en la construcción de grandes motores Diesel sucede como en la construcción de buques. En éstos, salvo en la época especial de la última guerra, se construyen uno a uno o en pequeño número, lo que no permite su construcción en serie y salvo las simplificaciones de las máquinas de soldar y alguna otra empleada durante la guerra, al construir los buques hay que montar plancha a plancha y tornillo a tornillo igual en América que en Europa, y como allí los jornales son tal altos, no hay posibilidad de competir y la construcción de buques en América, una vez terminada la guerra, sólo subsiste gracias a los enormes subsidios del Gobierno americano.

Los grandes motores Diesel se construyen también uno a uno, allí como aquí, y es muy difícil que ninguna empresa extranjera reciba de golpe un contrato de más de seis motores de 7.000 caballos, como ha sucedido en España. Cierto es que en el extranjero llevan de ventaja sus modernas máquinas-herramientas con su doble calidad de producir más rápido por sus mayores velocidades de corte y su ahorro en jornales de ajuste por su exactitud, pero ya hemos dicho antes también que esta diferencia se trata de salvar.

Recientemente hemos tenido ocasión de comparar el precio de un equipo propulsor presentado por una casa extranjera con otro igual en España, para unos buques muy importantes, y hemos podido comprobar que los precios españoles eran más bajos, aun sin tener en cuenta el valor de las aduanas y el transporte hasta España.

A pesar de eso, y mientras nuestra economía no sea tal que permita llegar a un equilibrio entre la producción y el consumo, sigue el peligro de que suban los precios de materiales y jornales con el consiguiente aumento en el precio de los motores, y, por tanto, cada vez se hace más necesaria una revisión de la Ley de Primas, que se ha quedado ya excesivamente atrás

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

en cuanto a precios, y que permita estimular la construcción de motores.

El plazo de entrega tiene doble importancia para el comprador de motores; primero, en cuanto al plazo en sí mismo, por la necesidad de disponer de los motores en el momento oportuno y conveniente, y segundo, porque al alargarse el plazo crece el peligro de que se produzcan aumentos en materiales y jornales que naturalmente repercuten en el precio total.

Durante los años últimos, debido a las penosas circunstancias de todos conocidas, se ha tropezado con grandes dificultades para terminar a tiempo los motores y máquinas de las instalaciones marinas, pero ese tiempo ya pasó y hoy día se abre un nuevo capítulo para los constructores de motores. Lo avanzado de la ejecución de los programas anteriores y la rapidez y eficacia de las nuevas máquinas-herramientas hacen que dentro de poco tiempo sobrarán elementos para construir rápidamente todos los motores y maquinaria que necesiten los buques dando plazos iguales y menores que los que puedan dar los constructores extranjeros. Con la nueva maquinaria-herramienta la producción podrá aumentarse notablemente. Se puede dar a conocer que una casa española suministró en cinco meses el equipo propulsor para una lancha guardapescas de la Marina de Guerra, mientras que los plazos extranjeros eran mucho mayores.

Si la economía española no desciende y con ello la navegación no se hunde, la construcción mercante ha de continuar en España su marcha ascendente no sólo para aumentar su tonelaje, sino para reponer las bajas de los buques, como en repetidas ocasiones han demostrado plumas y voces más autorizadas que la nuestra. En cuanto a la reposición de bajas, téngase en cuenta que la Marina mercante española es una de las más vetustas del mundo, como puede comprobarse en la tabla V, que figura a continuación, en donde se ve que mientras en España los buques de más de veinticinco años de edad constituyen el 60 % del total de la flota en el conjunto del mundo apenas rebasa el 23 %.

TABLA V

Edad de los buques en años en 1948.

(Según el Lloyd's Register of Shipping.)

	Menos de 5	5 a 10	10 a 15	15 a 20
España	134.661	26.858	35.231	184.308
Mundo	36.654.475	11.532.132	4.720.067	6.067.674

	20 a 25	Más de 25	Total
España	70.448	678.498	1.130.004
Mundo	4.552.871	19.986.553	85.513.772

Por lo tanto, si se ha de renovar la flota, y dado que el precio y plazo de la construcción española son convenientes, así como la calidad, es inútil y perjudicial para la nación emplear más divisas extranjeras en adquirir motores, y parece ha llegado el momento de cerrar la importación en España de motores y de buques.

6.—FUTURO DE LAS INSTALACIONES MARINAS EN ESPAÑA

El tema de la elección de potencia propulsora principal de los buques creo habrá sido el más discutido y sobre el que se habrá escrito más, primero, al aparecer la turbina, entre ella y la máquina; luego, entre Diesel, turbina y la máquina de vapor; a esto se ha añadido hoy día la turbina de gas y mañana, quizá, la energía atómica.

En realidad, no se puede hacer una elección general para todos los casos, pues depende, en primer lugar, de las condiciones locales de cada nación y, en segundo, de los precios de combustible. Pero no sólo el consumo de combustible ha de tenerse en cuenta, sino el peso, espacio y coste de la instalación y coste de mantenimiento y reparaciones. Es un problema muy complejo para decidirlo en todos los casos.

Mirando con la vista atrás, como ya hemos indicado antes al principio, se establece una división muy clara entre máquinas alternativas y turbinas, empleándose las primeras para potencias reducidas y turbinas para grandes potencias. Luego apareció el Diesel, que fué desterrando a la máquina alternativa, y ésta, ante la presión de un enemigo tan fuerte, retrocedió, pero nuevas mejoras en calderas y máquinas, dotándolas de perfeccionamientos especiales, contribuyeron a mantener la batalla que aún continúa hoy para potencias pequeñas.

El motor Diesel, situado entre las pequeñas y grandes potencias, tuvo que enfrentarse también con las turbinas de vapor, y así para una potencia en el eje de 7.500 caballos aproximadamente, en 1930 se prefería ya el Diesel por sus mejores condiciones de peso y economía.

Durante la segunda guerra mundial, la construcción naval, o sea la construcción naval americana, que fué la que hizo casi todo el tonelaje total hasta unos 35 millones de tons. de arqueo, fué casi toda de vapor y de vapor del malo, con máquinas y calderas tipo antiguo, como todos los del tipo «LYBERTY», que fueron la mayor parte, pero entonces no interesaba fuesen buenos, sino construir el mayor número posible.

Después de la guerra volvieron las aguas a su cauce y la proporción de Diesel, como puede verse en la tabla I, sigue estando en primer lugar.

En España, de las 185.000 tons. de arqueo bruto en construcción en 1.º de enero de 1950, según la Revista *Ingeniería Naval*, el 80 % es de motor y el resto de vapor. En algunos países escandinavos es 100 % motor.

Dadas las condiciones actuales, en realidad existen ocho variantes para la propulsión, a saber:

Instalaciones de vapor: 1.º) Máquinas alternativas. 2.º) Máquinas alternativas con turbinas de exhaustación. 3.º) Máquinas alternativas con turbocompresores de exhaustación (sistema Gotaverken). 4.º) Turbinas engranadas. 5.º Maquinaria turboeléctrica. Todos estos sistemas pueden emplearse con calderas cilíndricas o acuotubulares.

Instalaciones de motor Diesel: 6.º) Motor de aceite pesado directamente acoplado al eje de la hélice. 7.º) Motor Diesel eléctrico; y 8.º) Motores con reducción de engranajes.

Las instalaciones de turbinas de gas aún no han llegado a realizarse en ningún buque, excepto en una lancha experimental de la Marina de Guerra inglesa. No cabe duda que como su con-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

sumo se aproxima al del motor Diesel, pues se han alcanzado hasta 220 gramos por caballo y hora con potencias de 11.300 caballos efectivos. Este sistema puede ser de un gran porvenir substituyendo a las turbinas de vapor. Pero los 650° C de temperatura de entrada del gas en las paletas son demasiado para evitar corrosiones y permitir largo servicio sin parada y cambio; la irreversibilidad de la máquina, con dificultades para la marcha atrás y otras han hecho que aunque en el extranjero hay varias instalaciones en tierra acopladas a generadores eléctricos, en el mar ningún armador se ha atrevido a montarlas en sus buques.

En el extranjero la lucha del Diesel con la maquinaria de vapor para pequeñas potencias y con turbinas en las grandes aún subsiste con encarnizamiento.

El año pasado hubo en Inglaterra una enconada discusión sobre las ventajas e inconvenientes de una instalación de 7.500 caballos de vapor o de motor; se tocaron los aspectos de peso, espacio ocupado, precios de combustible y gastos de mantenimiento; se vió que el Diesel estaba por encima de la turbina en todas las cuestiones de pesos, si se tenían en cuenta los pesos de acero y otros materiales en tanques, etc., el agua de reserva de alimentación y el peso de combustible para las turbinas. En precio, en Inglaterra es también más bajo el Diesel y en cuanto al gasto de combustible dependen de las relaciones entre los precios de petróleo para calderas y para motores, que varía constantemente.

Cada armador ha de decidir el sistema de propulsión que más le conviene, teniendo en cuenta, además de los factores anteriores, los relacionados con los del tipo del buque, servicio que ha de prestar y puertos en que ha de tocar.

Hay tipos de buques, como sucede en España con los pesqueros, en que hay una tendencia cada vez mayor para dotarlos con motores Diesel. La razón fundamental es su escaso peso y volumen y reducido consumo de combustible, que hacen que con las mismas dimensiones del casco los volúmenes de bodegas sea mucho mayores, lo que proporciona mayor ganancia cada salida y les permite tener autonomía mayor lo que tiene tanta importancia hoy día, que necesitan ir a buscar la pesca a mares y aun continentes muy alejados de las costas españolas.

Hay otros buques tradicionales con propulsión Diesel, como petroleros, excepto en algunos países por razones especiales de facilidad de construcción.

Si se llega a considerar como definitivos los experimentos del buque «AURICULA» y otros posteriores, de quemar con motores Diesel petróleo de calderas de elevada viscosidad, en vez de «gas-oil», no cabe duda de que la economía del motor Diesel dará un gran paso hacia adelante.

De todos los modos no cabe duda, y la experiencia lo demuestra de que la propulsión Diesel directa es hoy por hoy el sistema que se impone en la mayoría de los buques de carga o mixtos, con potencias inferiores de 7.000 u 8.000 caballos. En todo el mundo los buques medianos y pequeños sin discusión son provistos de Diesel, y en España la proporción de Diesel es mayor que en el resto del mundo.

Para grandes potencias, como trasatlánticos, en general se usa vapor, pero existen muchos casos de buques de 20.000 y 30.000 y aun más, como en el caso del «ORANJE» que llevan Diesel.

Por lo tanto, la construcción de motores Diesel en España ha de tener gran porvenir. El tipo de los buques de nuestra flota, salvo el caso, muy limitado, de algunos tipos de buques de pasaje, está comprendida entre los tamaños mediano y pequeño de que hemos hablado antes, luego, Diesel ha de ser su sistema de propulsión. Además, la demanda de motores Diesel para usos terrestres, dadas las circunstancias actuales del suministro de energía eléctrica, ha de continuar, y, dados los plazos cortos que se dan, las condiciones serán muy aceptables.

Los constructores de motores Diesel han hecho y seguirán haciendo todo lo posible para que su calidad mejore y desciendan los precios, pero para ello ha de ser condición indispensable que las dificultades de que antes hemos hablado disminuyan y desaparezcan, la demanda regular continúe, y los precios de materiales y mano de obra se estabilicen y contengan, y es de esperar que la labor de las autoridades competentes en este aspecto traiga el éxito deseado, así como la regularidad de los programas sea tal que no obligue a excesiva congestión en ciertos momentos contra atonía letal en otros.

Mayo, 1950.

Interviene el Sr. Barcala (D. Andrés Federico), quien propugna la necesidad de proporcionar, con la importación de máquinas-herramientas, útiles eficientes a los astilleros para emanciparlos de suministros extranjeros y abaratar el coste de la construcción. En cuanto a las divisas, necesarias para tales importaciones, se compensarán con exceso, mediante las que produce el barco con su explotación. Parte de ellas pueden destinarse muy bien a resolver esas necesidades de la construcción naval. Estima, como aspecto del mayor interés, la preparación del personal para que sepa manejar las complejas instalaciones de a bordo y señala los inconvenientes surgidos por no cumplirse esa circunstancia en el manejo de calderas "La Mont".

El Sr. Martín Gromaz interviene para decir que, en lo que se refiere a equipo de los Astilleros ha de considerarse la crisis que amenaza a la construcción naval, así como los peligros de desestimarla en los planes de aumentos de producción y de nuevas inversiones.

El Sr. Apraiz destaca la importancia adquirida por la construcción nacional de motores Diesel, citando ejemplos recientes que demuestran el alto nivel a que ha llegado la industria española en esta especialidad.

Por ausencia de D. José María Mallol, el Secretario da lectura al resumen de su trabajo número 7 siguiente:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 7. Consideraciones sobre la construcción naval española y sus efectos sobre la industria naviera

Autor: D. JOSÉ M.ª MALLOL GABRIEL
Ingeniero Industrial

INTRODUCCIÓN

La construcción naval, base de la industria naviera, es tema tan importante, en un país como el nuestro donde las fronteras marítimas tienen tal preponderancia, que de ninguna manera debe ser omitido en este II CONGRESO DE INGENIERIA

Es de suponer que los ingenieros navales presentarán estudios interesantes sobre esta importante fase de la industria española, pero nos creemos ante el deber moral de aportar nuestra modesta colaboración haciendo unas consideraciones, no ya sobre la misma construcción naval —para lo cual están mejor calificados los ingenieros navales—, sino las consecuencias que la misma puede aportar a la explotación de la industria naviera.

El poco tiempo de que disponemos para hacer este trabajo nos impide, como habría sido nuestro deseo, recopilar suficientes datos para hacer un estudio profundo y documentado, y nos vemos obligados a limitarnos a unas consideraciones que desearíamos fuesen la voz de alarma que sirviera de base a la Comisión que debe estudiar este tema.

Ingeniería Naval, modelo de publicación técnica, editada por la Asociación de Ingenieros Navales, viene ocupándose regularmente, con reseñas interesantes y bien documentadas, del proceso de la construcción naval española, a base de cifras que tienen carácter oficial. En ellas se refleja la excelente labor que vienen desarrollando los ingenieros navales españoles, quienes, a pesar de las enormes dificultades que tienen que vencer en momentos como los actuales, llegan a realizar la construcción de buenos buques.

Actualmente tienen los astilleros españoles 236 buques mercantes contratados (188 motonaves y 48 vapores), cifra muy satisfactoria si se consigue mantenerla como promedio regular a base de que las entregas de las nuevas construcciones se realizaran a una cadencia y plazo normales.

Gracias al esfuerzo y capacidad de nuestros ingenieros navales tenemos una buena flota de bacaladeros y una flotilla de pesca satisfactoria. Nuestra flota de buques costeros también es de buena calidad, y los buques mayores mercantes, fruteros y petroleros, construídos o en construcción, podrán seguir siendo el orgullo de nuestros constructores, aunque su número no sea todavía suficiente.

Comprendemos, pues, que el ingeniero naval se manifieste satisfecho con el resultado obtenido actualmente en sus construcciones, si considera su misión limitada al planeamiento, cálculo y construcción de los buques.

Ahora bien, el punto de vista del industrial que debe explotar comercialmente un buque no puede limitarse a estudiar las características y excelencia de su construcción, sino que debe extenderse a otros factores que son para él tanto o más importantes que aquéllos.

Cuando nosotros, ingenieros industriales, proyectamos la planta de una nueva industria, nuestra misión no se limita a estudiar su instalación para que sea un modelo de presentación y técnica, sino que en general nos recae luego la dirección de su explotación y debemos tener en cuenta, primero los factores propios del constructor (comparables a los del ingeniero naval) y después los que incumben al director de la explotación (comparables a los del armador). De aquí que consideremos al ingeniero industrial bien preparado para discernir estos dos aspectos señalados.

Ver a un ingeniero industrial interesado en la dirección de alguna empresa naviera no es todavía muy corriente en nuestro país, y, sin embargo, pocas de las carreras que se estudian en España dan una preparación más eficiente para un tal cometido. Mucho nos podríamos extender argumentando a favor de lo expuesto, pero como no es ésta la finalidad de este trabajo, nos limitaremos a recordar que en otros países es muy corriente ver a ingenieros al frente de empresas marítimas, y sirva de ejemplo el caso de Mr. W. H. Coverdale que, siendo ingeniero, ostentó la presidencia de la «American Export Lines» hasta su reciente muerte en agosto 1949.

Dejando, pues, aparte la técnica de la construcción de los buques, que va siendo resuelta por los ingenieros navales, creemos que nos incumbe a todos estudiar las posibilidades de nuestra industria naviera basada en aquellas construcciones.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ATONÍA DE LOS ARMADORES PARA EFECTUAR NUEVOS CONTRATOS

La empresa armadora que debe comprar una o varias unidades, sabe la gran importancia que tiene el acierto de tales adquisiciones que pueden transformarse en elemento de vida o en elemento de muerte para ella.

En distintos números de la misma revista *Ingeniería Naval* se han venido insinuando las enormes dificultades que pesan sobre la construcción naval y que, ajenas a astilleros e ingenieros constructores, son la causa de los precios elevados y de la imposibilidad de efectuar las entregas dentro de plazos razonables. Sin embargo, en el número del mes de julio de la mencionada revista, después de afirmar la resistencia de los armadores privados a encargar nuevas unidades, se califica a esta atonía de ceguera incomprensible que no puede justificarse, ni desde el punto de vista industrial ni del económico.

Que esta atonía existe y es perjudicial al país, es evidente, pero no creemos que sea de ninguna utilidad el hecho de aplicarle calificativos más o menos enérgicos; si existe, hay que buscar y hacer desaparecer las causas que no nos parecen pocas, sino muchas y graves.

Para juzgar sobre estas causas y darles el valor que les corresponde, debemos procurar comprender los puntos de vista del armador de que hemos hablado y estudiar todos los factores, incluso aquellos que ya no afectan al ingeniero constructor.

PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN AL ARMADOR QUE INTENTA ENCARGAR UNA NUEVA CONSTRUCCIÓN

Para no mencionar otros de menor importancia, podemos resumir los puntos capitales del armador que desea encargar o adquirir una nueva unidad, como sigue:

1.º Características del buque: tonelaje, consumo, marcha, distribución de bodegas y tanques, aparejos de carga y descarga, sistema de propulsión, instalaciones, etc.

2.º Calidad de los materiales empleados (base para el cálculo de la amortización).

3.º Plazo de entrega.

4.º Precio de coste.

El apartado 1.º es el que consideramos que incumbe a los ingenieros navales y no vamos a extendernos sobre el mismo.

Sobre el apartado 2.º no podemos menos que admitir que el armador tenga un gran recelo en el momento de encargar un buque. Desgraciadamente, todos sabemos que, en la actualidad, se han tenido que substituir muchos materiales de calidad por otros menos valiosos; por ejemplo, las tuberías de vapor de maquinillas —para no citar más que un caso— que corrientemente deberían ser de cobre son reemplazas por hierro. La vida de las primeras se estimaba en diez años, la de las segundas difícilmente excederán los tres años. No cabe duda de que por este hecho, el armador encontrará que sus gastos de conservación del buque empezarán a ser de importancia en fecha mucho más próxima de la normal y, por lo tanto, las posibilidades de amortización vendrán reducidas proporcionalmente.

Referente al apartado 3.º, todos los industriales sabemos la importancia que tiene el plazo de entrega de los elementos que se adquieren para la ampliación de cualquier explotación, y no es necesario insistir sobre ello. Pues bien, en la actualidad ningún astillero puede garantizar y ni siquiera dar una idea aproximada de este plazo, debido a que depende de una serie de factores —restricciones de fuerza, entrega de materiales por conducto oficial, etc.— en los que ellos no tienen ninguna intervención. En el mismo número de *Ingeniería Naval* se reconoce la imposibilidad de obtener, en la actualidad, un plazo de entrega menor de tres años para un buque de mediano tamaño, una vez resuelto el problema de la maquinaria, y confirma, también, que hay buques que fueron contratados en 1942 cuya quilla no ha sido puesta todavía (!). Aun admitiendo que antes de poner la quilla se adelantan mucho los trabajos de construcción del casco, en partes, labrado de material, fabricación del aparato propulsor, etc., ¿no debemos admitir también que estos retrasos, en momentos de insuficiente estabilidad económica, son uno de los motivos que justifican hartamente la atonía de nuestros armadores?

Y, por fin, vemos el apartado 4.º, referente al precio de coste. Hagamos referencia, una vez más, a los datos del citado número de *Ingeniería Naval*, donde se nos dice que desde 1942 el acero ha aumentado de precio desde 0,79 pesetas por kilo a 2,60 pesetas kilo, o sea, aproximadamente, un 330 % y que un postillo, por ejemplo, o una defensa de latón ha subido de 4, 5 y hasta 6 veces en el mismo período. ¿Qué diferencia habrá, pues, entre el precio presupuesto y el real una vez terminado uno de los buques contratados en 1942 y cuya quilla no ha sido puesta todavía?

Como conclusión, vemos que cuando un armador encarga la construcción de un buque no puede saber ni los años que tendrá de vida, por ignorar los materiales que serán empleados, ni el precio que le va a costar, y ni siquiera tendrá idea de cuántos años pueden transcurrir antes de que le efectúen la entrega. Nos parece que estas circunstancias ya son suficientes para que, ni económicamente ni industrialmente, un armador particular pueda arriesgarse a efectuar un tal pedido, salvo en casos muy excepcionales, con lo que resulta que el único que prácticamente encarga o puede encargar construcciones de buques es el Estado, por mediación de sus empresas nacionalizadas, con lo que se crea un grave problema para la economía naviera de nuestro país, que es digno de ser estudiado profundamente.

FACTORES PRINCIPALES DE ESTOS PROBLEMAS

Del estudio de los apartados 2.º y 3.º se desprende que la falta de materiales, en primera línea, de acero, son la causa principal de estos trastornos.

En el plazo de entrega también influye, naturalmente, la reducción de suministro de kilovatios-hora, pues, a pesar de las centrales de reserva que los principales astilleros poseen —en detrimento del precio de coste—, su producción es corrientemente reducida a un tercio de la normal, lo cual triplica los plazos de entrega. Este factor, que es uno de los problemas más graves que quedan por resolver, no se limita a la construcción naval, sino que se extiende a todas las industrias y a toda la vida de nuestro país, por lo que creemos que debemos dejarlo para que sea tratado de forma mucho más extensa y profunda en otras secciones.

Para resolver la falta de materiales, que se extiende a la falta

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

de maquinaria naval moderna, no hay más que dos caminos: *a)* aumentar la producción nacional; *b)* aumentar las importaciones.

Ahora bien, el acero que se importara del extranjero resultaría caro, porque su precio, a los cambios oficiales, viene casi doblado por los impuestos de Aduana y gastos y, como dice muy bien *Ingeniería Naval*, no parece muy justificada esta protección arancelaria en época de penuria de acero.

Mientras la producción española no sea suficiente, hay que importar acero, si queremos construir buques en la escala requerida, y no es lógico que se pongan barreras arancelarias a tal importación en tales circunstancias.

Levantando estas barreras y adaptando mejor los cambios oficiales, se pueden importar aceros a precios razonables y quedarían resueltos los aspectos de los apartados 2.º y 3.º, al mismo tiempo que mejoraría el 4.º, referente al precio de coste.

Efectivamente, el coste excesivo de nuestros buques proviene, principalmente, de los precios de los materiales; siguen los impuestos y las cargas sociales, y es factor mínimo el que representa la cantidad pagada por jornales, que, junto con el capítulo de gastos generales, es casi lo único que se puede vigilar en un astillero.

Insistimos, pues, en que, para conseguir una producción razonable inmediata, es preciso importar aceros y otros materiales, a pesar de que sabemos se nos va a objetar que, para tales importaciones, se necesitan divisas de las que no disponemos. Pero es que tenemos forma de conseguir esas divisas si se tiene en cuenta que una buena construcción naval y una flota mercante bien dotada son fuente de ellas.

UNA BUENA CONSTRUCCIÓN NAVAL Y UNA FLOTA MERCANTE EFICIENTE, SON FUENTE DE DIVISAS

El día en que podamos construir buques con buenos materiales a un precio asequible y con plazos de entrega razonables, debido a la buena calidad de nuestras construcciones, estaremos en excelentes condiciones para competir con el extranjero y, no sólo podemos aspirar a obtener muchos nuevos contratos, sino que podremos efectuar reparaciones a gran número de buques extranjeros.

Los astilleros alemanes de la zona de ocupación británica se han preocupado profundamente de este aspecto para producir a un precio y plazo de entrega satisfactorios. Por eso sus contratos se han visto en aumento constante, provenientes, en su mayor parte, de países extranjeros, a tal punto que un gran número de unidades destinadas a la pesca de la ballena, que siempre habían efectuado sus recorridos anuales en los puertos noruegos, serán este año reparadas en los astilleros alemanes. Como, además, los astilleros holandeses y belgas también se han puesto en mejores condiciones que los noruegos, en lo que se refiere a plazos de entrega y precios, Noruega, no sólo se encuentra con que no recibe pedidos, sino que 25 nuevos contratos de construcción naval que sumaban 36.000 toneladas brutas le han sido anulados.

En Italia se están llevando a cabo negociaciones con Polonia, según las cuales la primera importaría 2.000.000 de toneladas de carbón polaco a cambio de la construcción de buques mercantes que, por cuenta de Polonia, se llevaría a cabo en los astilleros italianos.

Vemos, pues, que la competencia internacional sigue siendo una realidad, y en España, donde el número de naciones que solicitan contrato es casi nulo y las reparaciones de buques extranjeros se limitan a aquellos que son indispensables para que el buque pueda seguir navegando, debemos aspirar a tomar plaza y hacer un papel satisfactorio dentro de este mercado internacional que nos pagaría la totalidad de sus encargos en divisas (materiales, mano de obra, impuestos, gastos, beneficios, etc.), permitiéndonos, a su vez, destinar sólo una parte de ellas a la adquisición de nuevos materiales.

Pasemos a estudiar este mismo aspecto, en lo que se refiere a la flota mercante.

Que una flota mercante bien dotada es fuente de divisas, es cosa axiomática y elemental sobre la que no hay que extenderse.

Sin embargo, para que así sea, es preciso que su navegación se extienda al gran cabotaje y a la altura.

Cada día vemos mejor cómo el número de buques de pabellón español va disminuyendo en la navegación internacional. En la costa mediterránea había siempre importante número de buques españoles que aseguraban, junto con otros, un servicio entre nuestros puertos y los franceses. Las mercancías transportadas eran varias, pero uno de los contingentes más importantes eran los bocoyes de vino, llenos a la ida y vacíos a la vuelta. Modernamente, los bocoyes han desaparecido en casi su totalidad, y el importante transporte de vinos españoles con destino a otros países se hace con buques cisternas. Como España no posee buques cisternas para estos líquidos, el transporte de nuestros vinos por vía marítima se hace en *su totalidad* con buques de pabellón extranjero.

Con pesar también vemos que, no sólo el transporte de carbones ingleses y la gran mayoría de mercancías extranjeras destinadas a España se hace con pabellón extranjero, sino que también ocurre así con las mercancías españolas, sales, piritas, potasas, etc., que se exportan. Aquellos principios internacionales según los cuales los intercambios, por vía marítima, entre dos países debían hacerse a proporción de un 50 % para cada pabellón, dudamos que España los mantenga en la actualidad.

Mientras aquí seguimos este proceso, otros países se están preocupando para reconquistar sus posiciones perdidas. Italia, por ejemplo, está gestionando un acuerdo de reciprocidad con Polonia, de forma que los buques polacos de las líneas de Levante y Extremo Oriente puedan hacer escala en los puertos italianos, al propio tiempo que el tonelaje italiano tendrá derecho a una participación en el tráfico de los puertos polacos. También está Italia tratando de hacer un acuerdo con la «American Export Line» que le permita la construcción de dos paquebotes de 25.000 toneladas para el servicio Genova-New-York. Además, la compañía de navegación «Italia» reanuda el servicio con América del Sur, el «Lloyd Triestino» aumenta sus servicios con Austria, etcétera, etc.

Una de las causas de esta retracción del armador español del mercado internacional de fletes se debe, sin duda, a los efectos de los cambios oficiales. Muchos fletes cotizados en libras, u otras divisas, que son remuneradores para armadores extranjeros, no lo son para los españoles, una vez reducidos a pesetas.

Un reajuste de estos cambios nos parece aconsejable, pues, aunque a primera vista parece ser una disminución en nuestra

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

entrada de divisas, inmediatamente podría ser compensada por los nuevos fletes que adquiriríamos.

IMPOSIBILIDAD DE EXPLOTAR ECONOMICAMENTE UN BUQUE ESPAÑOL DE NUEVA CONSTRUCCIÓN

Que la mejora de los efectos que produce la decadencia de la industria naviera española es indispensable, si se quiere evitar la desaparición de la flota privada española, puede probarse con un simple bosquejo del cálculo de explotación de un buque español de nueva construcción.

Tomemos, como ejemplo, un buque de unas 1.000 toneladas de peso muerto, que queme carbón y, por ser nuevo, con un andar de 10 millas y que consuma 8 toneladas en veinticuatro horas de navegación.

Basándonos en los precios oficiales de construcciones actuales, un buque de estas características cuesta unos 15.000.000 de pesetas.

Calculemos primero las posibilidades de explotación económica por uno de los procedimientos más simples, o sea el arrendamiento en «time-charter», y a continuación un viaje con carbón desde un puerto de Asturias a Cádiz y otro con sal desde Cádiz a un puerto de Asturias.

Todos los cálculos estarán hechos a base de tarifas y fletes oficiales, así como los gastos, nóminas, seguros y días de plancha para carga y descarga, etc. La amortización normal en veinte años, que es el doble del tiempo empleado por algunos armadores nórdicos.

EXPLOTACIÓN EN «TIME-CHARTER»:

Ingresos mensuales.—Alquiler ... ... Ptas. 100.000

Gastos por mes de 30 días:

Nómina, manutención, seguros, accidentes y sociales de la tripulación, según bases	Ptas.	40.500
Seguro del casco: 4 % anual sobre 15.000.000	»	50.000
Amortización en 20 años	»	62.500
Conservación (pinturas, reparaciones, etc.), a 200 ptas. diarias ...	»	6.000
2/3 del 5 % sobre 100.000 ptas., comisión al agente fletador	»	3.333
Total de gastos	Ptas.	162.333

162.333

DIFERENCIA, o sea PÉRDIDA MENSUAL... Ptas. 62.333

Los ingresos han sido calculados a base de un alquiler mensual de 100.000 pesetas, que es máximo a que se puede aspirar en el mercado español actualmente, aun teniendo en cuenta que un buque de este tonelaje es muy solicitado, por existir muy pocos de tal capacidad. En un mercado internacional el alquiler que se obtendría sería seguramente más bajo.

VIAJE DE UN PUERTO DE ASTURIAS A CÁDIZ CON CARBÓN:

Duración del viaje: 3 días para la carga en Asturias.
3 » » descarga en Cádiz.
3 » travesía Asturias/Cádiz = 693 millas.
1 » perdido por imprevistos.

TOTAL... ... 10 días.

Ingresos: 900 toneladas de carga a Ptas. 52 ... ... Ptas. 46.800

(La carga no puede ser superior si se toma en Asturias carbón suficiente para el viaje de ida y vuelta.)

Gastos:

Gastos de escala en Asturias	Ptas.	2.000
» » » » Cádiz	»	2.000
Estiba del carbón, a ptas. 0,75 ton. ...	»	675
Desestiba, a 1 pta. ton.	»	900
Descuento 2 % por no pesar	»	936
2 % sobre sobrado a la tripulación...	»	936
2/3 del 5 % de comisión a los agentes fletadores	»	1.560
10 días de nómina y seguros a la tripulación, a razón de 1.350 ptas. diarias	»	13.500
30 toneladas de carbón consumido, a 250 ptas. ton.	»	7.500
Seguro del casco al 4 % anual (1.643,80 por día)	»	16.438
Amortización de 15.000.000 en 20 años (2.055 ptas. diarias)	»	20.550
Conservación a 200 ptas. diarias	»	2.000
Total gastos	Ptas.	68.995

68.995

DIFERENCIA, o sea PÉRDIDAS EN DIEZ DÍAS... Ptas. 22.195

VIAJE DE CÁDIZ A UN PUERTO DE ASTURIAS CON SAL:

Duración del viaje: 3 días carga en Cádiz.
3 » descarga en Asturias.
3 » travesía Cádiz/Asturias.
1 » perdido por imprevistos.

TOTAL... ... 10 días.

Gastos:

Gastos de escala en Cádiz (salida) ...	Ptas.	1.500
» » » » Asturias	»	2.000
Descuento 2 % no pesar	»	1.023
2/3 5 % comisión al agente fletador.	»	1.705
10 días de nómina y seguro de la tripulación, a 1.350 ptas. diarias	»	13.500
30 tons. carbón consumido, a 250 ...	»	7.500
Seguro del casco (4 % anual)	»	16.438
Amortización en 20 años	»	20.550
Conservación, 200 ptas. día	»	2.000
Total gastos	Ptas.	66.216

66.216

DIFERENCIA, o sea PÉRDIDA EN DIEZ DÍAS... Ptas. 15.066

O sea que, totalizando el viaje redondo de 20 días, arroja una pérdida total de ptas. 37.261.

Hemos estudiado estos tres viajes clásicos de nuestra navegación, teniendo en cuenta que hemos elegido un buque de características muy indicadas para dedicarse regularmente al cabotaje nacional. Si hiciéramos cálculos similares para viajes de navegación internacional, veríamos que las pérdidas, basándonos en los cambios oficiales, serían aún mayores.

CONCLUSIÓN

A este Congreso se nos ha convocado y solicitado nuestra colaboración, para efectuar un estudio sereno de las posibilidades de la industria española en sus diversos aspectos. Como conside-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ramos que todos los ingenieros españoles estamos capacitados para afrontar nuestras responsabilidades, estimamos que nuestra misión es exponer nuestros problemas con toda sinceridad, empleando los mismos datos que se nos presentan en nuestra vida profesional, prescindiendo de todo subterfugio y disimulo.

El tanteo económico con que hemos terminado nuestras consideraciones, demuestra claramente la imposibilidad de que una empresa particular pueda adquirir unidades de nueva construcción para una explotación comercial normal, de lo que se deduce que, de no encontrar rápida solución, la flota privada española está condenada a desaparecer, y no nos quedará más flota mercante que la nacionalizada, si el Estado está dispuesto a soportar el déficit de su explotación.

Barcelona, 29 de agosto de 1949.

La lectura del resumen suscita varias intervenciones que se recogen a continuación:

El Sr. Rebollo razona la conveniencia de revisar la concesión de primas a la construcción naval que antes eran del 15 % del valor del buque, que ahora puede decirse que se han anulado, y, en lo que se refiere a los retrasos en los plazos de entrega, los considera el Sr. Rebollo consecuencia de las demoras en los suministros escasos de acero a los astilleros; señala la rapidez con que la construcción se ha efectuado una vez vencida aquella falta, todo lo cual tiene lógica influencia en el coste de la construcción.

El Sr. Barcala señala el valor relativo del precio, no solamente teniendo en cuenta su producto en explotación, sino también la elección de un cambio para valorarlo en moneda extranjera y comparar así debidamente. Afirma que en la construcción de buena clase con mucha mano de obra, fuera de gran serie, el coste de la construcción naval española admite competencia con la extranjera. Pide, además, mayor eficacia en el funcionamiento del crédito naval.

El Sr. Miranda Maristany analiza la importancia del suministro de materiales y aceros a los astilleros. Dice que las necesidades nacionales exigen la construcción de unas 130.000 toneladas de registro bruto en buques por año, lo cual necesita un suministro anual de acero a los astilleros del orden de 70.000 toneladas, a lo que el Sr. Barcala manifiesta que tal precisión está recogida en la Ponencia correspondiente, en la que se solicita la reserva para la construcción del 7 % del acero que se produzca.

Como resumen de los debates se aceptan las siguientes conclusiones:

1.ª El estudio técnico de las anclas modernas aconseja la reforma de algunos artículos en los Reglamentos de construcción de buques.

2.ª La fabricación de aleaciones ligeras resistentes a la corrosión permite superar dificultades en su empleo, que es ahora aconsejable.

3.ª En el casco de los buques las aleaciones ligeras permiten una economía en peso del 30 al 60 %.

4.ª El empleo accesorio de las aleaciones ligeras en la construcción naval de calidad se extiende cada vez más.

5.ª Es recomendable, sin reservas, su utilización en superestructuras de barcos de guerra y mercantes, tales como trasatlánticos.

6.ª La construcción integral con aleaciones ligeras será una realidad cuando queden resueltos algunos problemas metalúrgicos actualmente planteados.

7.ª Es muy conveniente que los industriales metalúrgicos proporcionen al mercado perfiles tipos construídos con aleaciones especiales.

8.ª Dado que la explotación de los barcos proporciona importantísima fuente de divisas, conviene estudiar la conveniencia de que una parte de ellas permita modernizar el equipo de los talleres relacionados con la construcción naval para que sea posible disminuir los costes de producción.

9.ª La complicación de ciertas instalaciones modernas de a bordo plantea el problema de dar adecuada preparación técnica al personal que las ha de manejar.

10. Conviene revisar la concesión de primas a la construcción naval, aumentándolas hasta el nivel antes vigente.

11. Conviene aumentar la eficacia del sistema de Crédito Naval.

12. Conviene asegurar las entregas de aceros a los astilleros para su trabajo eficaz y económico, reservándose 70.000 toneladas anuales.

Después de aprobadas estas conclusiones, y por no haber más asuntos que tratar, se levanta la sesión a las dos de la tarde.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

SECCIÓN 2.ª

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA
(28 de mayo a 3 de junio de 1950)

ACTA DE LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 29 DE MAYO DE 1950

Bajo la presidencia de D. Luis Aza Díaz, Ingeniero Industrial, en el día indicado se reunió la Sección II. Se constituyó la Mesa con el Presidente mencionado, el Vicepresidente, D. José Sánchez Pérez, Ingeniero de Caminos, figurando como Secretario D. Antonio Angulo Alvarez, Ingeniero de Caminos; está también presente en la misma el Ponente General, el Sr. Rivas Suardíaz.

Se abre la sesión a las cuatro y media de la tarde, el Sr. Balbás expone el trabajo siguiente:

N.º 14. - Datos para el planteamiento económico de los transportes de viajeros en común en las poblaciones

Autor: D. ÁNGEL BALBÁS REGUER
Ingeniero de Caminos

La extensión superficial de una ciudad, en los grandes centros de población, debe conceder a cada habitante unos 150 m² de superficie. Esta cifra hay que considerarla como un límite óptimo, pues son muchas las ciudades con sólo 10 m² por habitantes, y algunas, aprisionadas por el mar o por el desierto, en que la superficie por habitante no alcanza a la mitad de los 150 m² más arriba establecidos.

Entre estas últimas poblaciones se encuentra Madrid.

Una superficie de tan sólo 100 m² se logra con cuadrados de 10 m. de lado. Este es el espacio vital más corriente. Una población de un millón de habitantes necesita, por tanto, 100 millones de metros cuadrados de superficie, al menos, para un desarrollo que no haya que reputar de encanijado. Corresponde esta superficie a cuadrados de 10 kilómetros de lado o círculos de poco más de 11 kilómetros de diámetro.

Es sabido que para pasar, manteniendo la misma densidad, desde un millón de habitantes a dos millones, los diámetros deben aumentar tan sólo 41 % de los anteriores, y si los diámetros se doblan, la capacidad de la población se cuadruplica.

Bastarían, pues, para dos millones de habitantes, diámetros de 15 kms., y bastaría que fuesen ligeramente superiores a 17 kms. para cobijar a poblaciones de tres millones de habitantes, sin perder un favorable límite de densidad.

Si el reparto de la población es equitativo, con densidad regular, la mitad de los habitantes ocupan el círculo interior, limitado a 0,70 del diámetro total de la ciudad, y la otra mitad viven en el anillo exterior que tiene 0,15 de anchura.

Las anteriores divagaciones tienden a aclarar ideas sobre las prudentes dimensiones que deben fijarse a las líneas de transportes urbanos en común, al proyectarlas.

Sirven también para preparar al lector a cierta clase de razones que permiten suponer a las poblaciones concentradas en circunferencias medianas, llamando así a las que dividen en dos partes iguales a las superficies circulares respectivas.

Si consideramos las dos mitades, antes definidas, de una población, y las suponemos concentradas en sus circunferencias medianas, la primera de las cuales tiene por diámetro la mitad, aproximadamente del diámetro de la urbe, y la segunda alcanza a 0,85 de dicho diámetro, veremos que la distancia de la población concentrada en la primera circunferencia mediana a la concentrada en la segunda, es la mitad de la diferencia de estos diámetros, es decir, $^1/_2$ 0,35 D. = 0,175 D.

Esta distancia media, entre ambas mitades de población, es, en kilómetros:

1,75	km.	para	ciudades	de	10	kms.	de	diámetro.
2,62	»	»	»	»	15	»	»	»
3,00	»	»	»	»	17,5	»	»	»
3,50	»	»	»	»	20	»	»	»

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Por la forma y disposición de las edificaciones, en bloques o manzanas, con calles habitualmente a escuadra, las anteriores longitudes son generalmente hipotenusas de triángulos rectángulos, cuyos catetos son los verdaderos recorridos que substituyen a las anteriores distancias medias virtuales y pueden, por tanto, pasar desde un valor igual a d a un valor $d\sqrt{2}$, es decir, 41 % mayor.

Las anteriores distancias exigen, pues, recorridos que pueden cambiar desde las anteriores cifras a 2,46 kms., 3,69 kms., 4,23 kilómetros, y 4,93 kms., respectivamente, para poblaciones de 10-15-17,5 y 20 kms. de diámetro, capaces para 1, 2, 3 ó 4 millones de habitantes.

Coincidiendo con esto, los datos recogidos en el Congreso de Varsovia, de 1930, sobre transportes en común, daban, referentes a 25 poblaciones europeas, cifras de recorridos medios variables entre 2,06 kms., en Barcelona, y 4,64 kms. en Viena, con un promedio general de 3.55 kms. de recorrido en tranvía o metro, y 3.75 kms. de recorrido en autobús.

Entre estas poblaciones figuraban Berlín, París, Viena, Barcelona, Hamburgo, Glasgow, Varsovia, Budapest, Praga, Amsterdam y otras del orden de Munich, Marsella y Colonia.

Resulta, por tanto, suficientemente justificado, por la estadística, y por la teoría, el que los recorridos medios se cifren, en todo estudio previo y teórico, en longitudes próximas a los 3 kms.

Este número tiene excepcional importancia, porque de él arrancan los valores económicos de toda explotación.

Puede decirse que todos los habitantes de una ciudad son viajeros habituales de sus medios de transportes; hombres jóvenes, ancianos, niños que comienzan a andar y las correspondientes series del sexo femenino.

Como consecuencia, el transporte de viajeros es continuo y se realiza en días de trabajo y en días de descanso, en horas de acudir al trabajo o de regresar de él, en horas de gestiones o de compras, de visitas y de consultas, de cursos y de bibliotecas, de espectáculos y de salas de fiestas, de hospitales, de sanatorios, de casas de salud, de «morgues» y de cementerios.

Son muchos los habitantes que nunca salen de una población, y su movimiento dentro de ella contiene toda su vida.

La consecuencia de esta continuidad de movimiento, de la coincidencia en el objeto de muchas gentes, o, simplemente, de la simultaneidad en realizar un determinado recorrido, es el transporte en masa o el transporte en común.

Estas gentes, circulando por la población, desarrollan velocidades medias comerciales, de tan sólo cuatro kilómetros por hora, en promedio, pues si las gentes jóvenes y ágiles pueden alcanzar a los cinco kilómetros, a determinadas horas, en el centro de la población y en las proximidades de las horas de salida del trabajo, no es posible imprimir rapidez al conjunto de los peatones.

Cuando los transportes en común se iniciaron, la comodidad que ofrecían constituía uno de sus principales atractivos. Las ventajas de ir a cubierto, de sobrepasar zonas encharcadas y encenagadas, la presencia permanente de luz en su interior, la asistencia del servidor del vehículo, eran otras tantas ventajas que el medio de transporte ofrecía al viajero.

Con las iluminaciones y pavimentos modernos, con la presencia de los abundantes agentes de tráfico y la mayor y mejor seguridad en la vía urbana, las ventajas anteriormente reseñadas, de los transportes en común, han cedido en estos aspectos.

Las incomodidades de las apreturas, de las atmósferas viciadas, de los recorridos y escaleras complementarios, de los riesgos de ascender a los vehículos o descender de ellos en plena calzada, no ceden en nada a las incomodidades que en su iniciación suprimían los vehículos de transporte de masas.

Sólo las ventajas de velocidad cuentan hoy, y sobre ellas debe concretarse el estudio económico de un medio de transporte de viajeros, en población.

La estadística da en cada población el modo de producirse el movimiento de sus viajeros en el curso del día, ajustándose a las costumbres y horarios locales, y a la cualidad de estación del año, de día de trabajo o de día de fiesta, en la diversidad de las que afectan a estudiantes, a empleados y a obreros.

En Madrid, en el año 1945, en el invierno, el transporte de superficie se celebraba del modo siguiente, en fracciones del total número de viajeros del día, en día de trabajo:

Hasta las 8 de la mañana	0,05
De 8 a 9 de la mañana	0,08
De 9 a 12 de la mañana	0,13
De 12 a 15 en el mediodía	0,24
De 15 a 18 de la tarde	0,20
De 18 a 19 de la tarde	0,10
De 19 a 20 de la tarde	0,07
De 20 a 21 de la tarde	0,05
De 21 hasta el final	0,03

Al oscurecer, en las ciudades, el público prefiere abiertamente los medios de transporte que ofrecen estación o refugio de espera, y esto hace cambiar la forma de movimiento de los viajeros, que a esas horas acuden con preferencia a los elevados y subterráneos.

La preferencia de los medios superficiales y a la intemperie, o de los medios a cubierto y subterráneos, cambia, también, con las estaciones del año. Los viajeros acuden a los medios superficiales en primavera y otoño y se refugian en los medios subterráneos en pleno verano y, sobre todo, en los días del invierno.

Hay datos estadísticos que relacionan el número de viajes que hacen al año cada habitante. Se trata, naturalmente, de medias aritméticas y no de lo que ha hecho el señor X o la señora Z.

Estos datos, en el Congreso de Varsovia, fueron los siguientes, en las metrópolis:

Berlín	444	viajes,	al	año,	por habitante.
Viena	394	»	»	»	»
París	368	»	»	»	»
Budapest	347	»	»	»	»
Glasgow	320	»	»	»	»
Hamburgo...	308	»	»	»	»
Barcelona	257	»	»	»	»
Varsovia	242	»	»	»	»

En ciudades de carácter industrial, pero de poblaciones mucho menores, resultaron:

Basilea...	287	viajes,	al	año,	por habitante.
Lieja	338	»	»	»	»
Zurich...	319	»	»	»	»
Burdeos	384	»	»	»	»
Düsseldorf	327	»	»	»	»
Turín...	394	»	»	»	»

Se hace interesante saber aquí que Madrid se halla al nivel de las poblaciones con mayor índice de número de viajes por habitante.

Si se tiene en cuenta el número de fiestas en el año y las au-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

sencias al trabajo por vacaciones, enfermedades y otras atenciones, se ve que los habitantes de las grandes ciudades modernas hacen de uno a dos viajes al día en un medio de transporte. La cifra es creciente con el número de habitantes de la ciudad, es decir, con el tamaño de la urbe, del modo siguiente:

Ciudades de menos de 100.000 habitantes ...	100	viajes al año
Idem íd. 100.000 a 500.000 habitantes	150	» » »
Idem íd. 500.000 a 1.000.000 habitantes	250	» » »

Son muy diversos los medios de transporte de que se valen los viajeros en el interior de las ciudades, y las velocidades de ellos son muy distintas.

Los autores más destacados en la materia, de Barquín, Thomas, Vente y otros, no coinciden en las velocidades que atribuyen a los distintos medios, por lo que los datos que siguen proceden de observaciones diversas.

Peatones	4	kms.-h.
Carreteras	8	»
Ómnibus y tranvías de mulas	9	»
Tranvías eléctricos	12	»
Autobuses	15	»
Trolebuses	17	»
Metros	20	»
Taxis	20	»

No bastarían estos datos, de distinto origen, para juzgar el medio de transporte y a continuación traslado los extraídos de un estudio de M. R. Vente, en el Congreso de Berlín, de 1934.

Los datos corresponden a explotaciones de más de 200 coches, de 50 a 200 y de menos de 50 coches, que son promedios de doce naciones europeas: Alemania, Inglaterra, Bélgica, Dinamarca, Francia, Italia, Holanda, Polonia, Rumania, Suecia, Suiza y Checoslovaquia.

Tranvías, primer grupo...	13,4	kms.-h.
Idem, segundo grupo	14,7	»
Idem, tercer grupo	13,7	»
Autobuses, primer grupo	16,6	»
Idem, segundo grupo	16	»
Idem, tercero grupo	16,8	»
Trolebuses, segundo grupo	16,5	»
Idem, tercer grupo	17	»

Estas velocidades son medias comerciales y no se realizan de un modo regular en todo el recorrido, porque el grado de congestión de tráfico en la periferia es muy distinto del que presentan las núcleos centrales, y en éstos, la llamada regularización del tráfico, con señales luminosas y acústicas, o con agentes de tráfico, impone fuerte reducción de la velocidad comercial media.

Una curva de la extrangulación de la velocidad al aproximarse al centro de una ciudad, da los siguientes resultados:

Los valores medios corresponden a la circunferencia que hemos llamado mediana, que divide en dos partes iguales a la población y que tiene por diámetro 0,70 del diámetro total.

Esta velocidad se acrece en un 30 % en la periferia, y es un 25 % menor en el centro.

El radio a que alcanza la máxima contracción es el 0,50 del radio total.

El radio a que alcanza la máxima velocidad es 0,80 del total de la ciudad.

Los medios de transporte no son comparables sólo por sus velocidades, sino también por su frecuencia y por su capacidad.

Los autobuses se construyen con capacidades que van de 20 a 70 plazas, los trolebuses en capacidades que van de 50 a 75 plazas.

Todos los vehículos que ruedan sobre cubiertas tienen un límite absoluto de sobrecarga, de no realizar la explotación en límites económicos que permitan no tener en cuenta el valor de los neumáticos. No obstante lo anterior, hemos observado en Roma, a las horas de máximas cargas, rebasar los viajeros el número de plazas, de manera manifiesta.

Los tranvías se construyen hoy con capacidades que van desde las 60 a las 140 plazas.

Los «metros» emplean vehículos de 90 a 150 plazas, y la composición de sus trenes, con dos, cuatro, cinco, ocho y diez unidades, dan las capacidades que se deben considerar en relación con las frecuencias.

En los tranvías también el uso de remolques duplica o triplica la capacidad del sistema en relación con la frecuencia y con la velocidad.

En el Congreso de La Haya se recogieron datos interesantes, no en su valor absoluto, pues el curso del tiempo ha cambiado mucho estos valores, pero sí en el aspecto relativo de unas a otras explotaciones.

En aquellos tiempos (1934) solamente con coches motores trabajaban un 10 % de las ciudades que se reseñaron, que eran casi un centenar. Con un remolque explotaba otro 10 %. Más de la mitad explotaban con dos remolques y con más de dos remolques explotaban el resto.

Aunque los coches entonces eran mucho menores que ahora, solamente una cuarta parte tenía vehículos menores de 50 plazas, la mitad tenía coches de 50 ó 60 plazas, y otra cuarta parte de las ciudades, poseía capacidades comprendidas entre las 60 y 120 plazas.

Hemos hablado anteriormente de que había que mirar estas capacidades que en conexión directa con la frecuencia de paso, de las unidades, o de los trenes, y con sus velocidades.

Conviene reseñar a este respeto que el número de vehículos que pueden desfilar por una calle no crece proporcionalmente a su velocidad, a causa de los espacios crecientes que hay que dejar a medida que aumenta aquélla.

A este respecto, De Barquín establece una tabla en la que se consignan velocidades medias y frecuencias máximas posibles.

No corresponden, en ella, exactamente, las velocidades medias comerciales, a las cifras que anteriormente hemos consignado, entre otras razones, porque sus experiencias se refieren a poblaciones de muy grande superficie y de centros poco congestionados, lo que permite tranvías de explanación independiente de mayor velocidad comercial media.

Salvado esto y para los restantes medios estudiados, sus datos consignan:

Tranvías	14	kms.-h.	20"	frecuencia máxima
Autobuses	14	»	25"	» »
Metro	22	»	90"	» »
Taxis	20	»	5"	» »

No se incluían aquí los trolebuses, pero, por analogía, debe considerárseles con frecuencias máximas de 25 a 30 segundos.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Estos máximos nada tienen que ver con las cifras medias que da la estadística, y que en el Congreso de La Haya resultaron ser las siguientes:

Poblaciones de 1.000.000 de habitantes:

Frecuencia de tranvías, mínima	3,5 m'
Idem' íd., normal	7,5 m'
Idem, íd., de autobuses, mínima	6,5 m'
Idem, íd., de autobuses, normal	22 m'

Poblaciones de medio a un millón de habitantes:

Frecuencia de tranvías, mínima	5,3 m'
Idem, íd., normal	13,3 m'
Idem, íd., autobuses, mínima	7,5 m'
Idem, íd., normal	38,8 m'

Poblaciones de 100.000 habitantes a 500.000:

Frecuencia de tranvías, mínima	9,25 m'
Idem, íd., normal	14,— m'
Idem, íd., autobuses, mínima	11,— m'
Idem, íd., normal	38,— m'

Todos son valores de medias aritméticas, de los datos de las poblaciones referenciadas.

Observaciones de trolebuses dan, para Roma, frecuencia mínimas de 4,5 minutos y normales de 9 minutos.

Es, pues, preciso conjugar la velocidad de un medio con la capacidad de sus vehículos y con su frecuencia para determinar su verdadera potencia de transporte.

Se usa mucho, para cifrar la frecuencia, el número de pasos por hora y, a primera vista, parece bastar con saber este número de pasos y la capacidad del vehículo, medida por su número de plazas, para determinar la potencia de transporte de un medio, pero como han de hacer un recorrido los viajeros, el tiempo que se invierte en hacerlo es fundamental y, por esto, debe intervenir la velocidad comercial del medio de transporte, en la determinación de la potencia de transporte.

De aquí resultan las siguientes potencias de transporte, de los distintos medios normales:

Tranvías, 160.000 a 250.000 plazas-kms.-h.
Autobuses, 113.000 a 155.500 plazas-kms.-h.
Metro (4 m.), 300.000 a 400 plazas-kms.-h.
Taxis, 60.000 plazas-kms.-h.

Explican estas cifras la razón de la extensión del tranvía como medio de transporte en las ciudades, sobre cuyo empleo nada dará mejor idea que los números que siguen:

El ingeniero señor De la Vega publicó en 1942 unos datos de Estados Unidos que afectaban a casi 40 ciudades, con un total de más de 28 millones de habitantes y la menor, Providence, con 250.000 habitantes.

De estos datos resultaba que el transporte en estas poblaciones se repartía en

67 % en tranvías
6 % en trolebuses
23 % en autobuses
4 % en otros medios.

Datos análogos para las explotaciones inglesas, incluso Londres, y explotaciones entre pueblos, acusaban los resultados siguientes:

56 % en autobuses
42 % en tranvías
2 % en trolebuses.

Estos datos, de fecha ligeramente anterior a los de Estados Unidos, se referían a casi 10.000 millones de viajeros, correspondientes a unos 30 millones de habitantes.

Es, en efecto, muy corriente suponer que en Londres el sistema de tranvías está suprimido, pero al constituirse el London Passenger Transport Board en 1953, sobre una extensión de 60 millas de Norte a Sur y de 45 millas de Este a Oeste, en total una superficie próxima a la de la provincia de Madrid, agrupando el transporte de interior de población, con los ferrocarriles de la zona, se suponía que el transporte de viajeros era el siguiente:

Metropolitano, 450 millones al año.
Tranvías y trolebuses, 1.000 millones al año.
Autobuses, 2.000 millones al año.
Ferrocarriles de cintura, 425 millones al año.

La iniciada supresión de tranvías fué suspendida al crearse este organismo que adquirió 100 vehículos nuevos, sobre «bogies» y de dos pisos, y modernizó 600 coches antiguos. Hoy se habla de nuevo de substituir 800 tranvías de 75 plazas, poniendo en su lugar 1.100 autobuses Diesel de 52.

En el primer ejercicio transportó en tranvías 1.002 millones de viajeros y en trolebuses 27 millones y cuarto.

En las explotaciones continentales europeas estas cifras eran, en fechas anteriores a las americanas y a las inglesas:

76 % en tranvías.
16 % en ferrocarriles.
8 % en autobús y trolebús.

Estos números no pueden ser elementos directos para comparar uno y otro medio, porque establecidos los tranvías eléctricos desde principios de siglo y por ser los trolebuses soluciones nuevas al transporte en común, la competencia se ha creado recientemente y sólo puede ser medida comparativa el crecimiento relativo de uno y otro medio.

El tranvía exige instalaciones considerables y costosas: vía, equipo eléctrico, centrales o subestaciones, depósitos y talleres para su material rodado.

El trolebús tiene necesidad de las mismas instalaciones a excepción de la vía que en general representa casi la mitad de los gastos de instalación.

El autobús no necesita más gastos de primer establecimiento que los propios del material móvil, las cocheras y depósitos para los mismos y los talleres, que pueden ser mínimos, dada la profusión de talleres de automóviles privados.

Mirando a los gastos de instalación, el autobús térmico es el menos costoso, con gran diferencia sobre el trolebús, que lo sigue, y sobre el tranvía, que es el más caro.

Sin embargo, al llevar estos costos a valores de coste por coche y kilómetro resulta que la diversa vida del autobús, del trolebús y del tranvía invierten totalmente los términos y, con gran diferencia, es más barato el tranvía; lo sigue, a distancia, el trolebús y queda el más caro, el autobús térmico, dentro del cual es bastante más barato el Diesel que el de gasolina.

En cifras de pura teoría se supone que la vida del tranvía alcanza a 20 años, la del trolebús a 10 años, las de los autobuses grandes es de seis años y la de los pequeños es de tres años.

La realidad, sin embargo, es que en muchas ciudades circu-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

lan tranvías de principio de siglo, modernizados en su caja, y no circula ningún autobús con más de 12 años de vida de trabajo.

Parece de todos modos interesante consignar que la ocupación de los vehículos de tranvía y de los de autobús no es la misma

Si se consideran unas horas de mínima ocupación y otras de máxima, dejando las restantes como de ocupación normal, en los tranvías el promedio de distintas poblaciones presenta la cifra de 4,3 viajeros por coche y kilómetro frente a 3,78 viajeros los autobuses. Este promedio procede de datos que van desde un mínimo de 3,2 a un máximo de 5,25 en los tranvías y de un mínimo de 2,5 a un máximo de 5,4 en los autobuses. En los trolebuses esta cifra sube a 6,05, según Harmel.

La principal consecuencia es la mayor irregularidad de la carga en el autobús.

Por su parte, la carga se produce y se disuelve, a lo largo del recorrido, en el vehículo, con la intensidad propia del horario y según características propias de la línea.

La suma de viajeros que han pasado durante las veinticuatro horas por cada parada de una línea reflejada en un gráfico, en el que representadas a escala, en abscisas, las distancias entre paradas, del origen al fin de una línea y, en ordenadas, el número de viajeros en tránsito, en los vehículos que se analizan, durante las veinticuatro horas, frente a cada parada, que sirve para calificar un servicio determinado en una red.

Estos gráficos presentan un lomo que revela un factor de ocupación favorable cuando es alargado y los laterales tienen inclinaciones semejantes, pero de signo distinto respecto a la vertical. Si el lomo se presenta como una giba muy apuntada, el factor de ocupación es desfavorable. Si aparecen dos gibas, como en el dorso del camello, la línea debe ser dividida en dos. Si una de las gibas se aplana y se alarga, parte del servicio debe ser vuelto.

Queremos con esto dar a conocer que existen servicios mal proyectados y que la comparación entre unos servicios de tranvías con otros, distintos, de autobús o de trolebús, que para el caso es lo mismo, no es posible sin el análisis de las curvas de ocupación, porque un servicio puede estar bien proyectado y otro estarlo mal y en este caso la aceptación del público nada tiene que ver con el sistema elegido.

En los diez primeros años del empleo del trolebús, en Inglaterra, las redes de tranvías descendieron en su total longitud unos 1.000 Kms., mientras los trolebuses se desarrollaban hasta alcanzar una extensión de 500 Kms.

La eficacia del coche de trolebús, frente al de tranvía y frente al de autobús, se revela en los datos siguientes que reflejan su buena velocidad comercial y su fácil conservación, que permite, en definitiva, mayor número de horas de servicio. Estos datos son los viajeros transportados en promedio por un vehículo de las distintas clases en un año.

Tranvías	344.399
Autobuses	121.397
Trolebús	446.557

Para un mismo transporte anual se hacen necesarios, por tanto, un número de coches triples con autobuses que con tranvías y únicamente tres cuartas partes con trolebuses que con tranvías.

Naturalmente, que dejar las comparaciones en términos tan difusos, no aclara, en cada ocasión, cuál solución debe adoptarse y, sin embargo, es verdad que con unas soluciones se acierta y con otras no.

Hay, en primer lugar, y vista, por lo que antecede, la posibilidad técnica de resolver el problema por unos u otros medios, unas circunstancias económicas que califican y definen la solución.

Este problema es tan viejo como el uso, en el transporte de población, de los autobuses y de los trolebuses y ha sido motivo de estudios aportados a distintos congresos de especialistas. A continuación recogemos los datos consignados en ellos.

El coste de las 100 plazas-kilómetro en tranvía oscilaba en las respectivas fechas entre los siguientes valores, según cálculos de los autores de los estudios que se indican.

Entre un mínimo de 3,17 frs. frs. y un máximo de 7.115 frs. frs., según Vente, Berlín, 1934.

10,78 frs. frs. de promedio, según Jayot Varrovia, 1930.

De 5.42 frs. frs. como mínimo a 10,80 frs. frs. como máximo en los estudios de la V. D. K., Berlín 1934.

De 8,16 frs. frs. a 11,04 frs. frs. en los estudios de Vinter Halter para el Congreso de Berlín de 1934.

Sin gran distorsión puede decirse que en los años anteriores a nuestra guerra, los costos de las 100 plazas-kilómetro oscilaban en 5 y 10 francos franceses.

En iguales fechas, y recogidos con igual criterio, se tenían los siguientes datos de autobuses para coste de las 100 plazas-kilómetro.

De un mínimo de 4,49 frs. frs. a 11,65 frs. frs. como máximo según los datos estadísticos de Vente, en el Congreso de Berlín de 1934.

De 8,70 frs. frs., como mínimo, a 12,54 como máximo, en los valores calculados por la V. D. K., exhibidos en el Congreso de Berlín de 1934.

Un promedio de 12,84 frs. frs. calculado por Winter Halter en el mismo Congreso.

Puede establecerse para los autobuses unos valores que van de 6,50 frs. frs. a 12 frs. frs.: aproximadamente un 20 % más caros, por tanto, que los tranvías.

Respecto a los trolebuses los datos son menos abundantes.

Vente establece cálculos de 6,54 frs. frs. por 100 plazas kilómetro.

Winter Halter propone 12,84 frs. frs. para igual unidad.

Sin embargo, sobre la experiencia de Inglaterra, Vente establece que el costo de explotación de los tranvías respecto a los trolebuses es de 81 %.

Eller Wainicher, en 1939, en Zurich, sostenía que era el 97 %.

Watson los sitúa entre 78 y 86 % y los americanos suponen, en 1939, que podían cifrarse en 82 %, aunque en determinadas circunstancias fuesen iguales.

Influye en todo ello de tal manera los gastos generales y fijos de las empresas, que la comparación tiene que realizarse a la vista de las frecuencias, con unidades de igual tamaño, y se ha llegado a las siguientes concreciones.

a) Para servicios de población y muy intensos se aconseja la utilización del tranvía. El límite de la frecuencia más abierta

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

debe ser de seis minutos según Topping, de siete minutos según Watson, de siete y medio según Thómas y también de siete y medio según Lución.

b) Para servicios urbanos de pequeña intensidad se aconseja el empleo del trolebús con frecuencia de 15 a 30 minutos según Topping, de 7,5 a 20 minutos según Thómas.

c) Para servicios de exterior o de frecuencias muy abiertas debe emplearse el autobús. Para ellos consideran como mínimas las frecuencias de 20 minutos Topping y Thómas, 30 minutos Jourddain y 60 minutos Lución.

Para completar estos datos debemos consignar que los costes respectivos de las 100 plazas-kilómetro eran en Madrid antes de nuestra guerra de 1,71 ptas. para el tranvía y de 3,03 pesetas para el autobús-Diesel, para frecuencias en los tranvías de 2,5 minutos y de 6,5 minutos en los autobuses.

¿Cómo se refleja en el usuario este aspecto del problema?

Suponía A. Patz que el servicio prestado al viajero tendría para éste un valor compuesto del valor del esfuerzo ahorrado y del valor del tiempo ahorrado.

El precio del servicio es la contrapartida y este precio representa distinto valor para cada usuario según sus medios económicos; como, por su parte, el ahorro de tiempo tiene también valor distinto para quienes disponen ampliamente de él, frente a los que se encuentran escasos del mismo, y, a la vez, el ahorro de energías y de esfuerzo físico es de apreciación tan distinta para cada usuario, resulta que al servicio prestado corresponden tres valores de apreciación fundamentalmente subjetiva.

Pero es posible encontrar un campo común a los tres que permita equipararlos.

El conjunto de las gentes de una población trabajan un número de horas al día para disponer libremente de las restantes. Estas horas de trabajo se retribuyen de un modo preciso. Durante ellas el individuo no ahorra su esfuerzo, sino que lo practica y por este hecho queda éste valorado. Es posible, por tanto, establecer una ecuación llevando todo a horas con el valor de las horas de trabajo.

En el caso general, el individuo trabaja 48 horas semanales. Trabaja, por tanto, una hora para liberar dos horas y media. Lo que cobra a la semana es el valor que él consume en las 120 horas de libre disposición.

Cada peseta de jornal, por hora de trabajo, le representan a él 0,40 ptas. de valor de su hora de descanso.

A este precio, en pura lógica, deberá de rescatar los minutos posibles.

En realidad, las horas de trabajo reclaman unas horas de preparación para el mismo, que se deslizan en pura pérdida, pues ni son retribuídas ni son de disposición libre.

Esto ocurre con los tiempos que se invierten en ir al trabajo y en retornar de él. Y son estos tiempos los que va a rescatar para su libertad comprando el servicio de transporte.

Ya está, pues, definido todo el problema en su más amplia extensión. Concretémosle usando los datos que a lo largo de estas líneas se han ido sentando.

Adoptemos como término medio no los 3,55 Kms. que hemos dejado establecidos a través de las estadísticas, sino tres kilómetros que nos simplificará los cálculos.

El tiempo invertido será:

Peatones	45'
Carreteras	22'
Tranvías	15'
Autobuses	12'
Trolebuses	11'
Metro	10'
Taxis	10'

Se comparan aquí casos límites en los que el recorrido sea el mismo.

El ahorro de 30 minutos que proporciona el tranvía permitirá pagar, por los tres kilómetros, veinte céntimos a las personas retribuídas a peseta por hora de trabajo.

El metro podrían pagarlo estos usuarios casi a 25 céntimos por este recorrido. Todos los otros medios de transporte quedan comprendidos entre estos dos.

Los recorridos más largos son sensiblemente favorables a los medios de mayor velocidad y, por tanto, al metro; por ello, al crecer las poblaciones, la corriente circulatoria muestra preferencia por este medio.

Queda definida, con lo expuesto anteriormente, la raíz de las preferencias individuales y la relación entre la tarifa aplicada al recorrido normal y los ingresos reales y horarios del usuario, pero resta mostrar cómo afectan las tarifas al conjunto de los viajeros, extremo que está también recogido por la técnica especializada.

Este asunto ha sido extensamente estudiado por M. Pons, y es producto de su estudio una comunicación al Congreso de Zurich sobre acondicionamientos de tarifas.

Pero ya con anterioridad se había determinado una curva de relación de las variaciones del número de viajeros con la variación de las tarifas.

Era resultado de los datos de cinco explotaciones belgas, recogidos con ocasión de las elevaciones de tarifas subsiguientes a la guerra de 1914. Esta curva ha sido comprobada en Madrid en 1938 y 1939.

Traducida a cifras da las siguientes, en tantos por ciento, así de elevación de las tarifas primitivas, como de reducción de los viajeros primitivos.

Elevación de tarifas...	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Reducción de viajeros.	2,5	6,5	10,5	16,5	25,5	34,5	46,5	60,5	76,5	94,5

Adoptamos estos valores, y no el estudio de Pons, porque éste considera que en una red dada la variación de viajeros es una función lineal de la variación de tarifas, lo que está en contradicción con nuestra experiencia.

Además, carecerían de fundamento cuantas consideraciones se han hecho relacionando el aprecio individual del servicio de transporte con su precio y con el jornal.

La aplicación de los anteriores números tiene la desventaja de que se precisa un punto de partida y no se adapta a los proyectos de nuevas redes, pero, por los antecedentes estadísticos que al principio de estas notas se establecen, conocida la población de una ciudad, las dimensiones, los recorridos medios que se suponen, los jornales de los braceros, etc., es posible determinar el número de viajeros y los ingresos de una red y sobre

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

este supuesto analizar las variaciones de viajeros y de recaudaciones que provocarían supuestas modificaciones de las tarifas, para ajustar el tráfico a los medios que se proyectan y los ingresos a las necesidades de una explotación beneficiaria.

Como hemos visto que el autobús y el trolebús representaban en Europa un encarecimiento de, al menos, un 20 %, y nuestros datos de autobuses cifran en un 65 % el aumento de coste sobre el tranvía, no parece exagerado el que la substitución de un medio por otro deje fuera de la posibilidad de uso del más moderno medio a un 15 ó 20 % de los viajeros, si las tarifas se aumentan proporcionalmente, no obstante las ventajas que para cada usuario represente el aumento de velocidad.

Madrid, marzo de 1949.

La conclusión de este trabajo fué aceptada sin discusión.

Por no estar presente D. Salvador Filella Bragós se leyó el resumen del trabajo del que es autor, y que se reproduce a continuación íntegramente:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 31.-Idea general sobre un proyecto de ferrocarril metropolitano y de enlaces ferroviarios en Zaragoza

Autor: D. SALVADOR FILELLA BRAGÓS
Ingeniero Industrial

INTRODUCCION

Entre las ciudades de España que han adquirido en los últimos años mayor importancia desde el punto de vista, entre otros, de su desarrollo urbanístico, merece destacarse de un modo especial la ciudad de Zaragoza, la cual, en poco más de un decenio, ha duplicado su población, del orden ya de unos 300.000 habitantes.

El sorprendente crecimiento que de día en día está adquiriendo, con la consiguiente prolongación y apertura de nuevas calles y avenidas, están convirtiendo los hasta hace poco suburbios extremos, en populosos centros vitales de interés, idealmente situados alrededor del primitivo núcleo central de población, con vistas al racional desarrollo de la ciudad en lo futuro.

Ello da lugar a un insospechado aumento en el número de habitantes de la ciudad que cotidianamente y por motivos múltiples deben trasladarse repetidamente de uno a otro de los distintos núcleos de población existentes, hasta el extremo de que en determinadas horas del día la máxima capacidad de explotación de las líneas de su red tranviaria es insuficiente para las atenciones del tráfico a las mismas adscrito. Y no precisamente por la calidad del servicio, admirablemente dirigido, sino por la especial configuración de su trazado, impuesto por los aludidos disposición y crecimiento de los suburbios, los cuales han dado lugar al encauzamiento del movimiento de viajeros, principalmente por dos arterias generales a través de la ciudad, que ineludiblemente deben sufrir en dichas horas verdaderas obstrucciones en su sistema circulatorio, sin que ello pueda corregirse por un mejor servicio tranviario que el que inmejorable y actualmente se presta, y sin que, por consiguiente, se halle a la situación del habitante de la ciudad, la solución eficaz que precisa para su traslado rápido por la misma, de acuerdo con las necesidades de sus vitales relaciones.

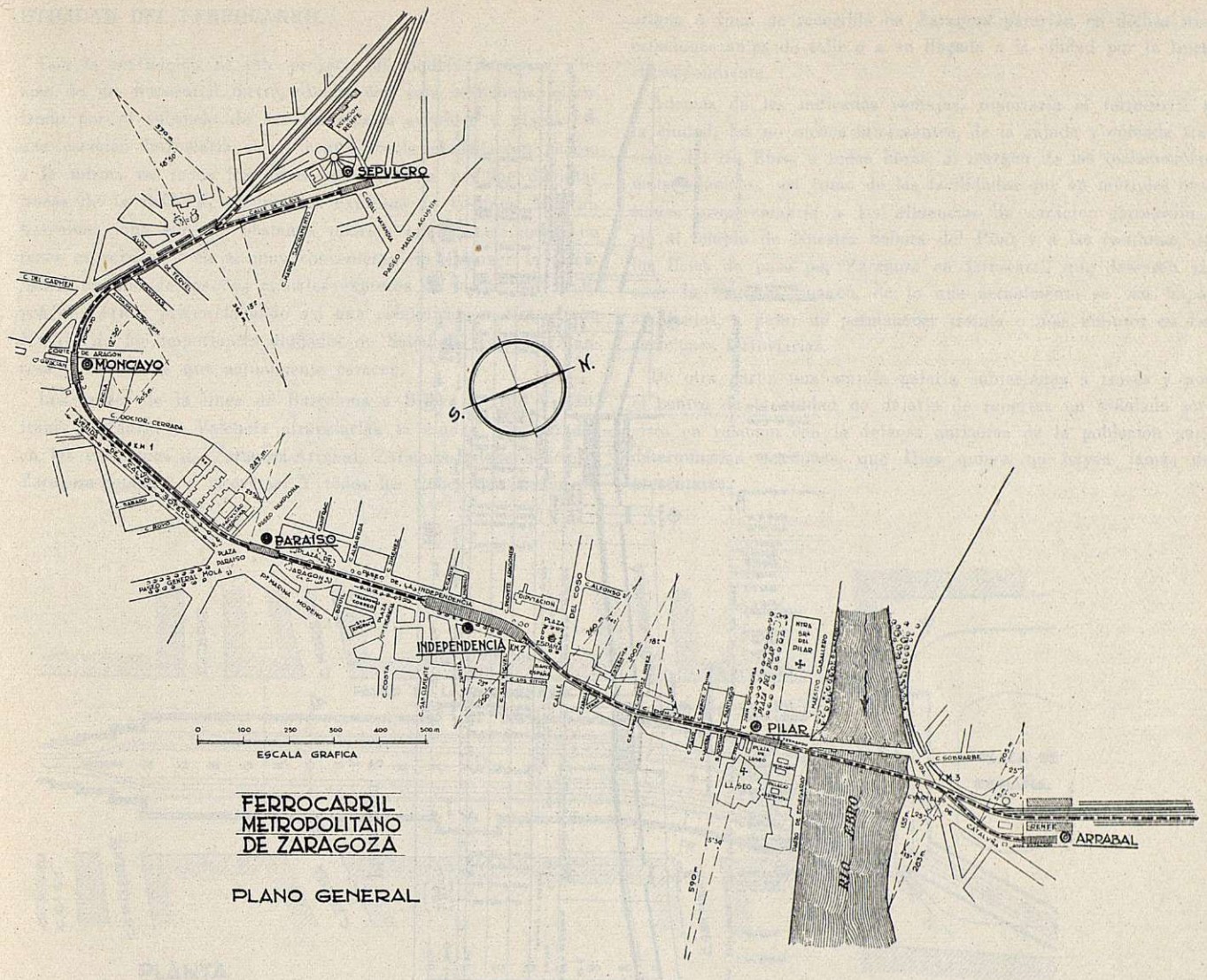
Afortunadamente, las grandes poblaciones modernas han solucionado el problema, complementando la circulación superficial, evidentemente de gran utilidad para cortas distancias, con la subterránea debidamente encauzada para el servicio de trayectos de alguna consideración. Y aunque ello tiene, en general, su aplicación a aglomeraciones ciudadanas del orden de, por lo menos, un millón de habitantes, ello, no obstante, puede asimismo ser aplicable a otras de categoría inferior, siempre que la índole especial de su tráfico principal ofrezca como sucede en Zaragoza, la circunstancia del perfecto encauzamiento del mismo por un reducido número de arterias (dos en nuestro caso) relativamente a su censo de población, de forma que puede compararse una vía de comunicación subterránea por una de dichas dos arterias, a un ferrocarril de corto recorrido, pero con un grado de utilización altamente eficaz, si se tiene en cuenta el número y frecuencia de viajeros y la especial circunstancia de poderse aprovechar como de enlace a través de la ciudad y con estación intermedia en el propio corazón de la misma, de las distintas líneas férreas que a ella afluyen.

IDEA GENERAL DEL PROYECTO

De las referidas dos arterias que encauzan el principal tráfico en la ciudad de Zaragoza, a saber: Ensanche-Puente de Piedra y Delicias-Puente del Pilar, nos circunscribiremos a la primera, esto es, a la que desde la estación del Arrabal en la izquierda del río Ebro y por el Puente de Piedra sobre dicho río, sigue por la calle de Don Jaime I, plaza de España y paseo de la Independencia hasta las plazas de Aragón y Paraíso, con bifurcación final por el paseo del General Mola y avenida de Calvo Sotelo. Esta última avenida es la que escogemos en el proyecto del que damos a continuación una idea general, al objeto de establecer el adecuado enlace del ferrocarril metropolitano con la línea férrea Madrid-Barcelona. En el plano siguiente se indica la disposición general del trazado, que, como puede observarse, enlaza todas las líneas férreas de vía ancha que afluyen a Zaragoza.

Tiene su origen el ferrocarril metropolitano frente a la estación del Sepulcro en la línea férrea Madrid-Barcelona, en la unión de las calles del General Mayandia y Clavé. Sigue esta última y su proyectada prolongación después de la ave-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO



nida de Teruel hasta encontrar la del Carmen, donde, separándose de dicha línea, va siguiendo por calle en curva de nuevo trazado (que llamamos de Moncayo) a encontrar la avenida de Calvo Sotelo en su unión con la calle de Ricla.

Sigue por la avenida de Calvo Sotelo, plazas de Paraíso y Aragón, paseo de la Independencia, plaza de España, calle de Don Jaime I, plaza de la Seo y calle de Don Fernando el Católico hasta el río Ebro, que atraviesa por paso inferior para continuar por la avenida de Cataluña hasta la plaza situada frente a la estación del Arrabal en la línea férrea Barcelona-Bilbao. En su recorrido se proyectan seis estaciones: Sepulcro, Moncayo, Paraíso, Independencia, Pilar y Arrabal.

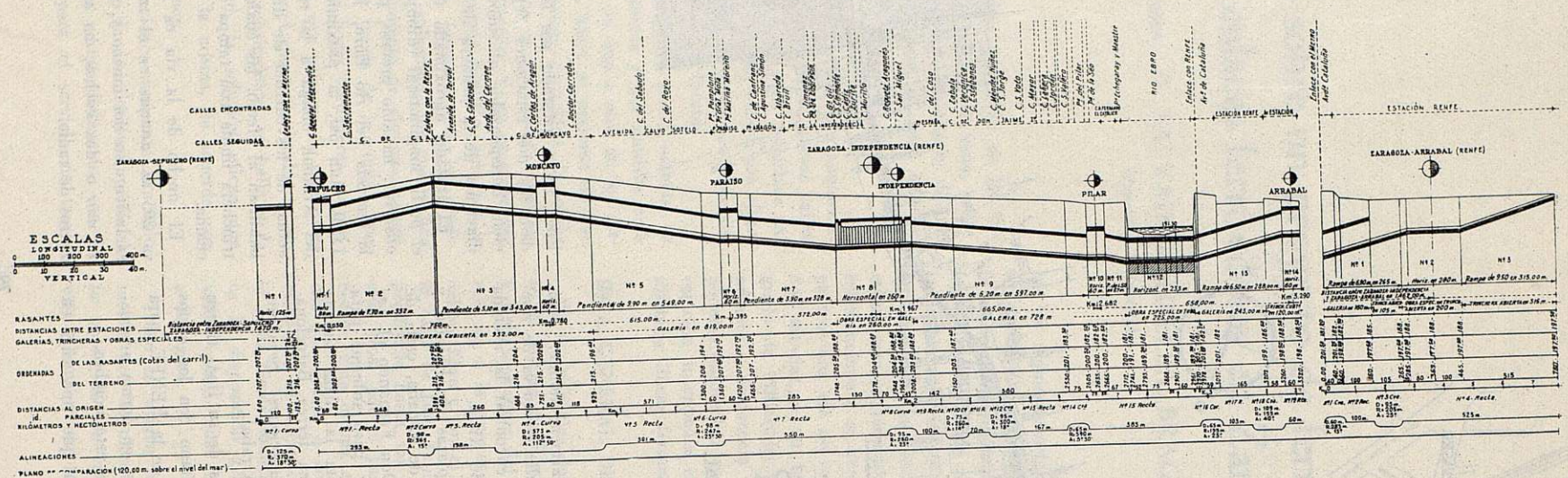
A 398 metros de su origen y a 342 metros de su final tienen lugar los empalmes del ferrocarril metropolitano con los cortos ramales de enlace del mismo con las líneas de la RENFE, para el sercicio de las cuales se dispone, además, en forma adecuada, la estación *Independencia* en el paseo de este nombre.

La justificación del trazado es lógica, ya que une casi en línea recta, pasando por la plaza de España (centro de la ciudad) las dos estaciones Sepulcro y Arrabal, con la sola desviación, indispensable al susodicho enlace ferroviario, en las inmediaciones de la primera de dichas estaciones.

El trazado aproximado de la rasante viene representado en el perfil longitudinal (dibujo pág. 80), en el que, como se puede observar, ha sido preciso, para salvar la depresión obligada por la travesía del río Ebro, llegar hasta pendientes de 25,66 por 1.000. Aun así, la proximidad a dicha travesía de la estación del Arrabal, obliga a la reducción en 9,50 metros de la cota actual de los carriles de dicha estación en las dos vías que se habilitan al efecto, las cuales se proyectan por el fondo de una trinchera unida con rampa a la actual vía, en dirección a Barcelona.

El ancho de la vía es 1,67 m. y el radio menor de curva 205 m., aunque en el trozo final del metropolitano, y para exclusivo uso del mismo y, por tanto, con circulación de trenes de uno o dos coches, ha sido preciso llegar a curvas de 155 metros de radio.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO



Plano núm. 2

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

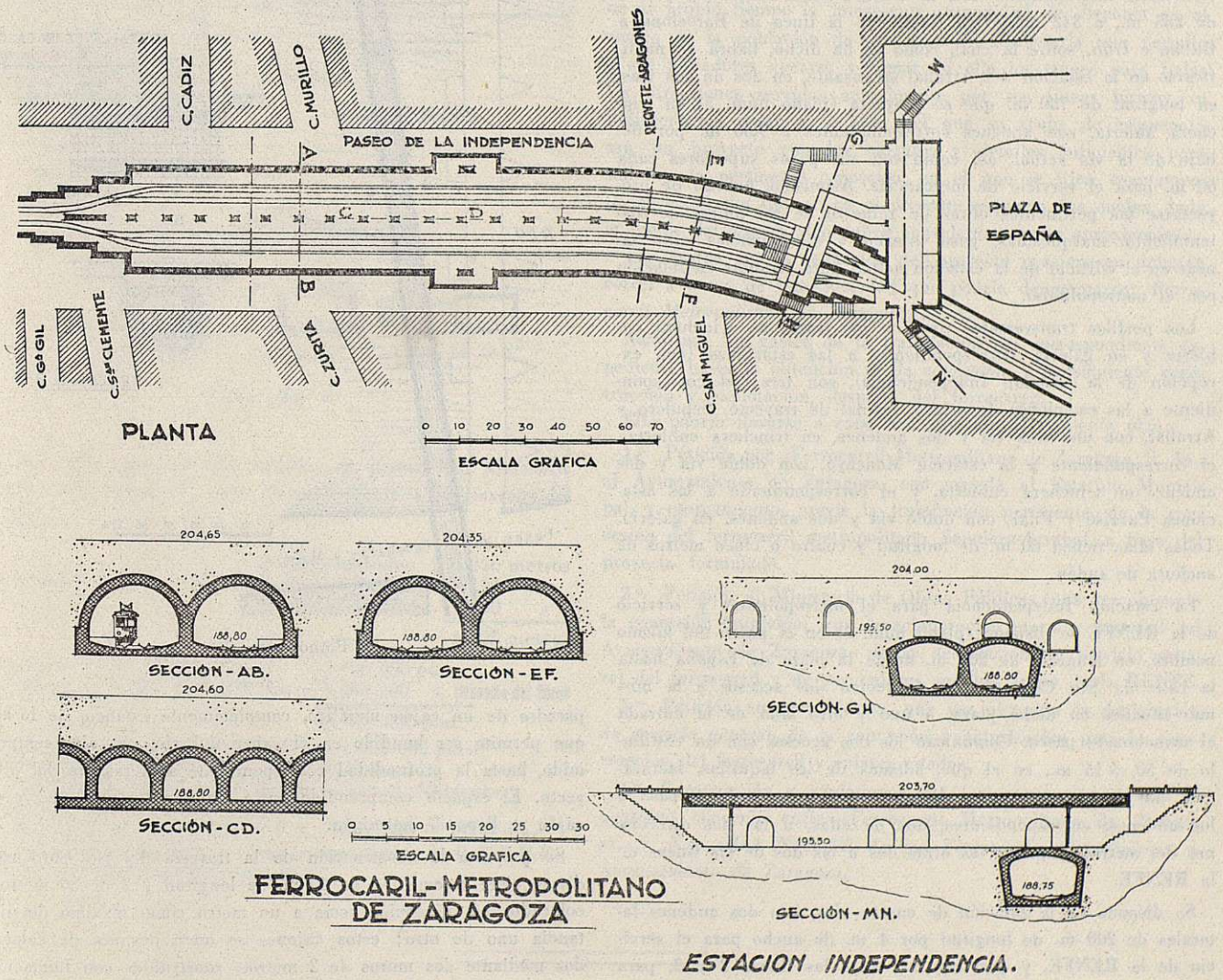
UTILIDAD DEL FERROCARRIL

Con la realización de este proyecto dispondría Zaragoza, además de un ferrocarril metropolitano, con seis estaciones, circulando por el subsuelo de sus principales avenidas y plazas de una estación ferroviaria en el centro de la ciudad, con acceso a la misma de todos los trenes que circulan por las distintas líneas de la RENFE, excepto los expresos de la línea Madrid-Barcelona, que ello, no obstante, podrían también efectuarlo en casos especiales, y en el muy conveniente de disponer la circulación de uno de los dos actuales expresos de noche por la línea de Lérida, proporcionando así una comunicación directa con Madrid de las importantes ciudades de Sabadell, Tarrasa, Manresa y Lérida de que actualmente carecen.

Los trenes de la línea de Barcelona a Bilbao e Irún y Canfranc a Madrid y Valencia atravesarían la ciudad con paradas en las estaciones de Zaragoza-Arrabal, Zaragoza-Independencia y Zaragoza-Sepulcro o viceversa. Y todos los trenes que tienen su origen o final de recorrido en Zaragoza pararían en dichas tres estaciones antes de salir o a su llegada a la ciudad por la línea correspondiente.

Además de las indicadas ventajas, reportaría el ferrocarril a la ciudad, las no menos interesantes, de la rápida y cómoda travesía del río Ebro, a todas horas, al margen de las inclemencias meteorológicas; así como de las facilidades que en mútiples ocasiones proporcionaría a las afluencias de carácter extraordinario al templo de Nuestra Señora del Pilar y a las continuas de los fieles de paso por Zaragoza en ferrocarril que desearen visitar la Sagrada Imagen, de lo que actualmente se ven imposibilitados, a pesar de permanecer treinta o más minutos en las estaciones ferroviarias.

De otra parte, una amplia galería subterránea a través y por el centro de la ciudad no dejaría de reportar un señalado servicio en relación con la defensa antiaérea de la población para determinadas ocasiones, que Dios quiera no hayan jamás de presentarse.



Plano núm. 3

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

DESCRIPCION GENERAL DE LAS OBRAS

Damos a continuación una descripción general de las obras del proyecto, el cual requeriría la previa aprobación por el Ayuntamiento de Zaragoza, de la reforma precisa del plano del ensanche de la ciudad, para dar lugar a la apertura de una nueva calle de 300 metros de longitud, en curva (la antes citada de Moncayo), con que poder llevar a cabo el adecuado enlace del ferrocarril metropolitano con la línea férrea Madrid-Barcelona.

Por los dibujos reproducidos en las págs. 79, 80 y 81 puede verse el trazado general del ferrocarril, con sus curvas, pendientes, trozos en trinchera cubierta y en galería, accesos, obras especiales y distancias entre estaciones. De los mismos se desprende que se proyecta en trinchera cubierta desde su origen hasta la avenida Calvo Sotelo, debido a su proximidad a la superficie por el enlace con la línea férrea Madrid-Barcelona. Asimismo, los 188 metros finales por análogo motivo. El resto es en galería, con obras especiales en la estación Independencia, travesía del Ebro y estación del Arrabal.

Un corto enlace de 125 m. empalma a 398 m. de su origen el ferrocarril metropolitano con la línea Madrid-Barcelona, y otro de 285 m., a 342 m. de su final, con la línea de Barcelona a Bilbao e Irún, sobre la cual, como se ha dicho, habrá de modificarse en la estación del Arrabal su rasante, en dos de sus vías, en longitud de 780 m. que se proyecta (plano núm. 5) en trinchera abierta, con andenes correspondientes a 9,50 m. por debajo de la vía actual, así como con sus pasos superiores cada 60 m. para el servicio de mercancías. Asimismo, habrán de proyectarse las pertinentes obras de refuerzo de los muros de sostenimiento, marquesinas, paso inferior y dependencias subterráneas en el edificio de la estación actual para facilitar su relación con el metropolitano.

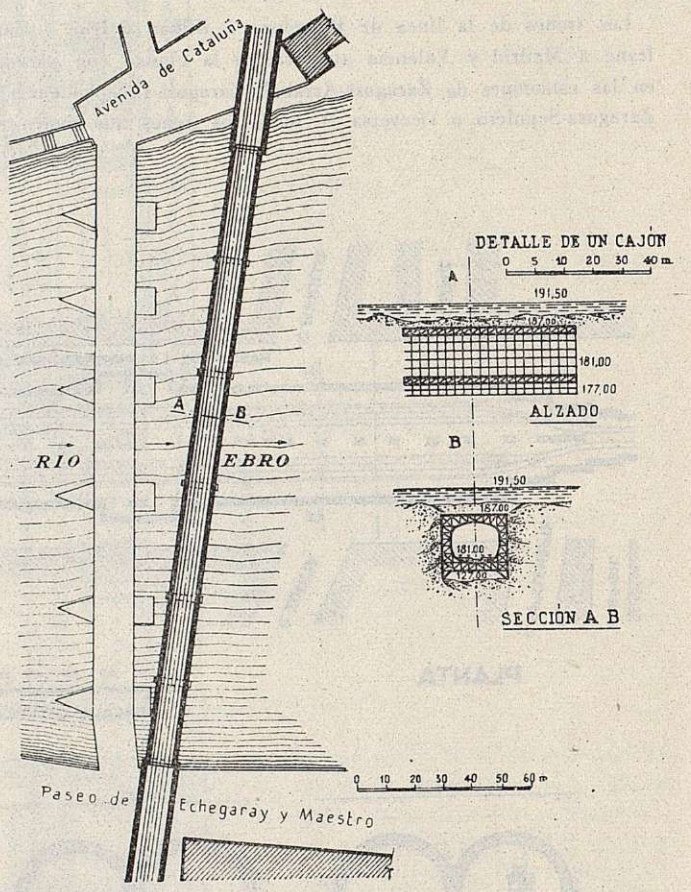
Los perfiles transversales tipo, de los trozos en trinchera cubierta y en galería, correspondientes a las estaciones (con excepción de la estación Independencia), son tres: el correspondiente a las estaciones de origen y final de trayecto, Sepulcro y Arrabal, con una sola vía y dos andenes, en trinchera cubierta; el correspondiente a la estación Moncayo, con doble vía y dos andenes en trinchera cubierta, y el correspondiente a las estaciones Paraíso y Pilar, con doble vía y dos andenes, en galería. Todas ellas tienen 60 m. de longitud y cuatro o cinco metros de anchura de andén.

La estación Independencia para el metropolitano y servicio de la RENFE se dispone (plano núm. 3) en el paseo del mismo nombre, en longitud de 200 m. desde la plaza de España hasta la calle de San Clemente. Se proyectan dos accesos a la misma, situados en dicha plaza, a uno y otro lado de la entrada al mencionado paseo. Comunican los dos accesos con un vestíbulo de 50 ×15 m., en el que, además de las taquillas, facturación de equipajes, etc., se disponen cuatro puertas de paso a los andenes, correspondientes, dos de ellas, a las dos direcciones del metropolitano, y las otras dos a las dos de las líneas de la RENFE.

Se dispone en la estación de cuatro vías, con dos andenes laterales de 200 m. de longitud por 4 m. de ancho para el servicio de la RENFE, y otro central, entre las líneas 2 y 3, para el metropolitano. El andén central, de 8 m. de ancho, se divide en dos de 4 m., uno para cada dirección, y tiene una longitud de 60 metros.

Consta de dos bóvedas paralelas de medio punto, de 14 m. de luz, con aligeramiento del muro intermedio (para mayor visibilidad) mediante arcos también de medio punto de hormigón armado, apoyados en pilares del mismo material, situados de 10 en 10 metros.

La travesía del río Ebro se proyecta (plano núm. 4) en obra especial en tubo de hierro de 225 m. de longitud y la sección transversal que se indica. Consta en esencia el tubo de hierro de anillos de 0,60 m. de ancho, formados de 15 piezas unidas con tornillos. Va reforzado exteriormente mediante celosías de hierro cada 1,50 m. que lo arriostran a vigas dispuestas en las



Plano núm. 4

paredes de un cajón metálico, completamente estanco, de forma que permita ser hundido en el cauce del río, por aire comprimido, hasta la profundidad correspondiente a la rasante del proyecto. El espacio comprendido entre las paredes del tubo y el cajón se llena de hormigón.

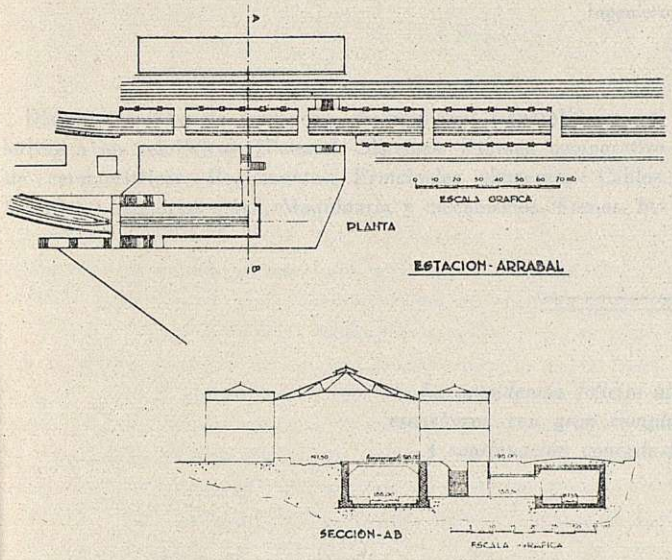
Se proyecta la construcción de la travesía del río Ebro mediante siete cajones: 4 de 40 m. de longitud y 2 de 30 metros, colocados en alineación recta a un metro como máximo de distancia uno de otro; estos cajones se unen después de colocados mediante dos muros de 2 metros, construídos con fundación por aire comprimido, unidos superior e inferiormente para cada

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

intervalo entre cajones, con vigas de hormigón armado y construída la superior bajo la protección de una placa colocada a cielo abierto sobre los dos muros mediante la correspondiente ataguía.

RENDIMIENTO PROBABLE DE LA EMPRESA

El rendimiento probable de la empresa que tuviera a su cargo la construcción y explotación del ferrocarril se desprende de la consideración de la relación que a continuación se indica, en la que, suponiendo como gastos generales y de explotación 1.000 pesetas por kilómetro y día, resulta para interés y amortización el de 6,24 % del capital necesario que globalmente, y con la aproximación que permiten las circunstancias por las que atravesamos, calculamos en ocho millones de pesetas por kilómetro, y cinco veces mayor el trozo correspondiente a la travesía del río Ebro:



Plano núm. 5

Longitud de la línea y enlaces:

Metropolitano ..	3.320	metros
Enlace Sepulcro.	125	»
» Arrabal..	780	»
	4.225	metros

Presupuesto aproximado:

$4 \times 8.000.000 =$ 32.000.000 ptas.
$0{,}225 \times 40.000\,000 =$ 9.000.000 » (travesía del Ebro)
41.000.000 ptas.

Beneficio anual: 10 % de 41.000.000 = 4.100.000 ptas.
Beneficio diario: 4.100.000 : 365 = 11.233 ptas.
N.º de trenes diarios (entre las dos direcciones): 50 trenes.
Canon medio por tren: 100 ptas.
Recaudación diaria, de la R.E.N.F.E.: $50 \times 100 = 5.000$ ptas.
Diferencia entre beneficio y recaudación diarios de R.E.N.F.E.: 11.233 — 5.000 = 6.233 ptas.
Viajeros necesarios por día por el METRO (a 0,25 ptas.): 6.233 : 0,25 = 25.932 viajeros.
Número de estaciones del METRO: 6 estaciones.
Promedio diario de viajeros por estación del METRO: 25.932 : 6 = = 4.322 viajeros.
Servicio diario del METRO: 18 horas.
Promedio de viajeros por hora y estación: 4.322 : 18 = 240 viajeros.
Frecuencia de trenes por el METRO: 5 minutos.
Promedio de viajeros por cada 5 minutos y estación: 240 : 12 = = 20 viajeros.
Promedio de viajeros por estación y tren: 10 viajeros.
Gastos generales y de explotación al año: $1.000 \times 4{,}225 \times 365 =$ = 1.542,125 ptas.
Beneficio bruto anual: 4.100.000 ptas.
Beneficio neto anual: 2.557.875 ptas.
Interés y amortización capital: 6,24 %.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCION

Para convertir en realidad el proyecto de ferrocarril metropolitano y de enlaces ferroviarios de Zaragoza, de que se acaba de dar una idea general, que dote a esta ciudad de la complementaria vía de comunicación interior que precisa, y le proporcione al propio tiempo la interesante comodidad de disponer en el centro de la población de una estación ferroviaria que permita a sus moradores apearse y tomar en ella los trenes para todas las direcciones servidas actualmente por sus líneas férreas, es indispensable redactar, a base del que se acaba de esquematizar, un proyecto con los cálculos y detalles suficientes para solicitar la pertinente concesión, en el que se fijen exactamente las cotas que figuran en el presente esquema, las cuales, dada la índole del mismo, sólo deben considerarse como aproximadas.

Los gastos que la redacción del proyecto ocasionasen deberán correr a cargo de una Sociedad que podría denominarse: *Ferrocarril Metropolitano de Zaragoza, S. A.*

Asimismo, los gastos de la tramitación del correspondiente expediente hasta la obtención de la concesión, y consiguiente construcción y explotación, después, del ferrocarril.

Ello podría llevarse a cabo con sujeción al siguiente plan:

1.º Petición por «Ferrocarril Metropolitano de Zaragoza, S. A.», al Ayuntamiento de Zaragoza, con arreglo al Estatuto Municipal, y otorgamiento, previa la tramitación pertinente, de la concesión del ferrocarril metropolitano Sepulcro-Arrabal, a base del proyecto formulado.

2.º Petición al Ministerio de Obras Públicas, una vez obtenida la concesión municipal, con la colaboración moral y material del Ayuntamiento de Zaragoza, de la declaración de servicio general del ferrocarril y de sus enlaces con las líneas de la RENFE.

3.º Petición en igual forma, una vez obtenida la declaración de servicio general, de la concesión y autorización para la construcción del ferrocarril y enlaces citados.

4.º Construcción y explotación del ferrocarril, con arreglo al oportuno convenio entre «Ferrocarril Metropolitano de Zaragoza, S. A.», «Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles»» y Ayuntamiento de Zaragoza.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Después de darse a conocer el resumen de este trabajo, el Sr. Campos toma la palabra para decir, con referencia al mismo, que ha sido estudiado un proyecto de enlaces ferroviarios en Zaragoza, cuya aprobación por la Superioridad debe esperarse, puesto que todos los informes son favorables, y que, precisamente, tal proyecto tiene por base la centralización de todos los servicios de viajeros a la estación de Zaragoza-Sepulcro, de modo que la estación de Zaragoza-Arrabal actual queda únicamente para uso de los apartaderos industriales que existen en aquella zona.

Seguidamente el Sr. Pérez Pozuelo hace detenida exposición del interesante y extenso trabajo de que es autor, y del que tan sólo damos el enumerado de sus capítulos, por no haber llegado con oportunidad, cuando se emprende la edición de este tomo, el trabajo original recogido en su día por el autor con el fin de prepararlo para la publicación.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 69. - Funiculares áereos para viajeros

Autor: D. JOSÉ PÉREZ POZUELO
Ingeniero de Caminos

Distintos medios de transporte de montaña. Generalidades relativas a los teleféricos. Historial. Sistemas. Examen comparativo de características. Reglamentos. Principales elementos. Cables. Castilletes. Material móvil. Maquinaria y mecanismos. Frenos. Señalización. Estaciones. Construcción y montaje. Particularidades de funcionamiento. Conservación. Estudio económico: Gastos de primer establecimiento y explotación. Tarifas. Rendimiento. Financiación. Datos informativos complementarios. Conclusiones.

La presidencia felicita al autor de este tan interesante trabajo, cuya exposición los reunidos escucharon con gran complacencia.

A continuación concede la palabra el Sr. Rodero Rodero, sobre su comunicación:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 96. - Propuesta de un sistema de valoración de los aforos de tráfico

Autor D. FRANCISCO RODERO RODERO
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Entre todas las obras a que se dedica nuestra actividad, puede asegurarse que los caminos ordinarios son los que se proyectan con criterio de carácter más empírico, a pesar de su elevado coste de construcción y conservación.

El enorme y creciente volumen de gastos que las Administraciones tienen que dedicar a esta clase de obras, ha motivado variados estudios de carácter cada vez más sistemático y científico, de la forma, dimensiones y características de la infraestructura, y correspondiéndose con la mecánica clásica y moderna para el cálculo de puentes, existen las normas y experimentos sobre resistencia, saneamiento, consolidación y estabilización de la plataforma, que culminan con los recientes estudios edafológicos sobre comportamiento de terrenos.

Nunca puede decirse que problemas de este género estén definitivamente resueltos, pero la técnica se esfuerza por perfeccionar el conocimiento de las relaciones entre las cargas aplicadas y las estructuras que las soportan, lo que, en realidad, puede tomarse como definición de nuestra misión específica.

No ocurre lo mismo con la superestructura o pavimento, que, en la mayoría de los casos, se construye inicialmente con firme de piedra machacada, cuya justificación es su baratura, su sencillez de ejecución, la circunstancia de resultar suficiente bajo ciertas condiciones de tráfico y, por último, la de poder servir de cimiento o base para algunos otros sistemas de afirmado. Tiene, sin embargo, inconvenientes bien conocidos, y, cuando se trata de evitarlos, ejecutando sobre él o en su lugar otra clase de firme, la determinación de cuál haya de ser éste, suele obedecer, según los casos, a consideraciones suntuarias, sanitarias, de comodidad, y con la mayor frecuencia, económicas, pero de economía parcialmente interpretada, pues resulta obvio que una estructura deficiente, aunque sea barata, es tan antieconómica como una estructura excesiva, aunque se considere de duración indefinida, y así, la adaptación de la estructura de las cargas que haya de soportar dentro de una aproximación posible o predeterminada, sólo se consigue en los firmes por casualidad o por feliz intuición.

La razón, a nuestro juicio, es que el problema no puede resolverse porque faltan datos. En lo que va de siglo, la técnica de los firmes ha perfeccionado sus sistemas al punto de que hoy día se sabe ejecutar un firme adecuado para cada caso, con absoluta garantía de su resultado, siempre que fuera posible determinar *a priori* cuál es el que conviene.

El dato que falta es, precisamente, la carga aplicada: el tráfico. Es sabido que todas las Administraciones han acusado de mucho tiempo atrás la preocupación de determinarlo, y queremos citar, como dato interesante, que en España existía ya en el siglo pasado una norma de recuento de circulación en «colleras», que valoraba hasta los ganados menores en fracciones de collera.

En todos los países civilizados se ha prestado atención a esta cuestión, y se han llevado a cabo aforos sobre variadas bases y con diversos sistemas, desde el cálculo deductivo del tonelaje transportado, al recuento automático de unidades por célula fotoeléctrica, y los Congresos Internacionales de Carreteras han llegado a formular instrucciones sobre el particular, reconociendo toda la trascendencia de este problema.

Pero quizá debido a su complejidad no se ha llegado a sacar de estas observaciones sus últimas consecuencias. Cuando el aforo de tráfico se hace con suficiente rigor, dentro de las limitaciones que forzosamente ofrece cualquier sistema de los que se aplican, las Administraciones pueden resultar abrumadas por un fárrago de datos que, por sí solos, nada dicen, y que en todo caso, necesitan una interpretación, que, de no ser comparable con otras análogas, sólo puede tener restringidas aplicaciones.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Dicha interpretación puede variar según su finalidad, y, en general, se señalan dos criterios esencialmente divergentes: uno, que se refiere a la densidad del tráfico, haciendo caso omiso de su efecto sobre el firme, que se supone resuelto, y planteando, en cambio, problemas de dimensiones y de organización, como se presentan en las supercongestionadas carreteras americanas, en las calles de las grandes poblaciones y en los accesos a las mismas. Aquí interesa el número de unidades y su clasificación por gálibos, velocidad y frecuencia de paradas, planteándose cuestiones agudas con soluciones costosas, cuya espectacularidad atrae sin esfuerzo la atención de técnicos y profanos, pero que se concretan a vías o zonas limitadas y perfectamente definidas.

Otro aspecto es el de la duración del firme, y entonces, no sólo interesa el número de unidades, sino su peso y la clasificación según el modo de actuar sobre aquél, y esta necesidad se extiende, sin excepción, a todos los pavimentos en explotación o en proyecto y, por tanto, su volumen justifica la precisión de soluciones adecuadas, que han de repercutir sobre cifras muy importantes de la economía pública.

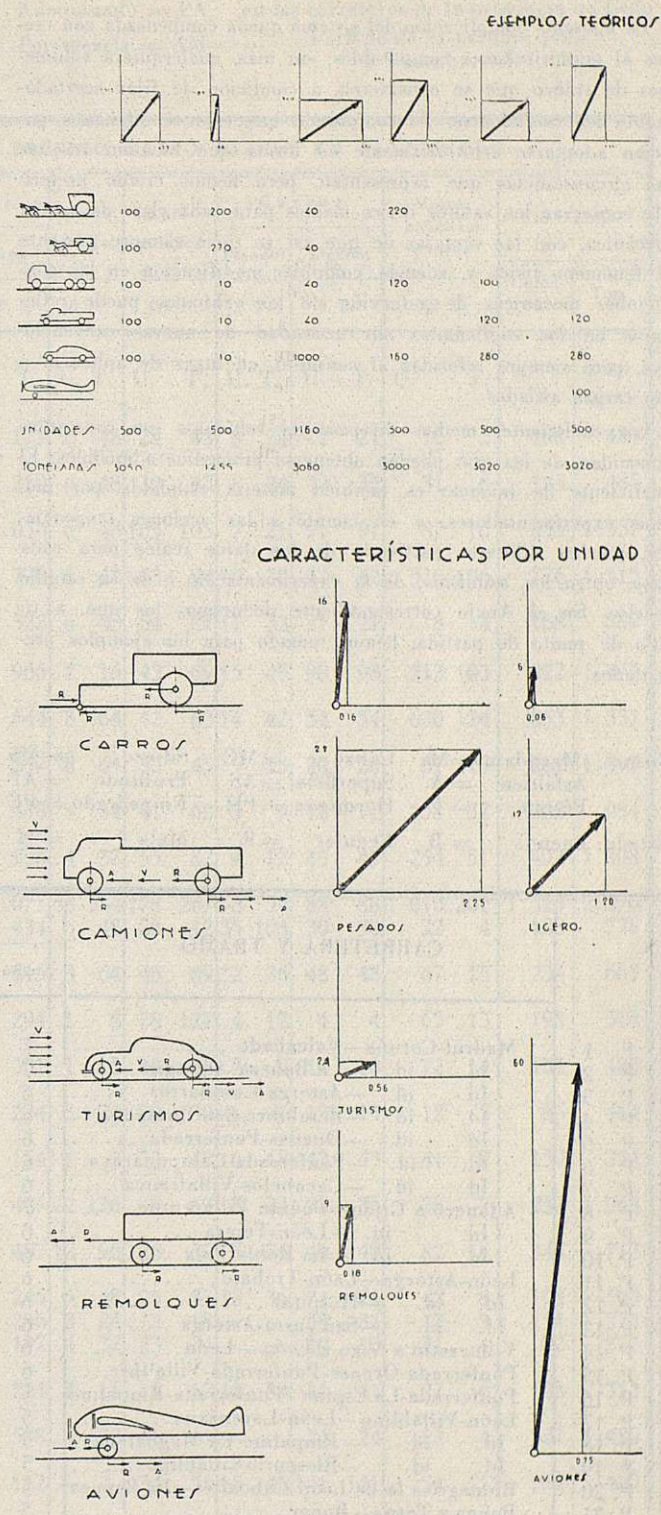
Esta circunstancia fué comprobada hace tiempo por el autor en dos carreteras sometidas a tráficos análogos en número de unidades y tonelaje transportado y que, a igualdad de perfil, clima y clase de firme, se deterioraban en distinta forma, sugiriéndole la idea que es punto de partida de nuestra propuesta.

Resulta claro que en el tráfico precisa considerar, además de la cantidad, la calidad, y es menester que ello pueda hacerse de modo práctico, sencillo y con la máxima generalidad, traduciendo a cifras la diferencia esencial que, indudablemente, existe entre el efecto causado en el firme por pesados carromatos con llanta metálica, rápidos automóviles de turismo o en el caso de aeropuertos, grandes aviones comerciales, aunque su número o su peso resulten equivalentes.

Estimamos, pues, indiferente y de importancia secundaria el sistema de obtención de los aforos y creemos que, para aproximaciones aprovechables, no es necesario extremar su complicación y sí muy conveniente simplificar su resumen, que es trabajo árido, laborioso y que no debe distraer de su auténtica finalidad que es, en definitiva, la interpretación de los resultados.

Nuestra propuesta consiste en determinar el tráfico en unidades, clasificadas por grupos de vehículos de características análogas por su acción sobre el firme, y, supuesto un peso medio por unidad de cada grupo, obtener el tonelaje correspondiente. En éste habría que considerar dos componentes: una, vertical, que incluya el efecto de impacto, y otra, horizontal, que tuviese en cuenta las acciones tangenciales de tracción, aceleración, etc., con lo cual la magnitud obtenida tendría carácter vectorial, por decirlo así, y podría ser comparada con la resistencia, también vectorial atribuída a cada firme, habida cuenta de la aptitud de los mismos para soportar las respectivas clases de fatiga.

Entiéndase bien que no nos estamos refiriendo a magnitudes mecánicas, sino estadísticas, y que los vectores obtenidos serían sólo símbolos sin significación física, pero presentarían los caracteres de una medida y podrían ser comparados, sumados o restados entre sí y multiplicados o divididos por números escalares. Esta valoración es independiente y distinta de la acción individual de las cargas mecánicas de cada rueda sobre el firme en que se apoya y en el cual determina reacciones moleculares instantáneas, cuyo estudio han realizado diferentes autores. Consideramos el tráfico conjunto complejo y heterogéneo,



FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

que actúa como tal sobre la totalidad del firme, produciendo su deterioro de una cierta manera y en un cierto tiempo, por lo que es menester aplicar métodos estadísticos para determinarlo.

La aparente complicación del sistema queda compensada con creces al permitir hacer comparables, sin más, cualesquiera volúmenes de tráfico que se consideren, a condición de fijar acertadamente los coeficientes. Se comprende que estos coeficientes podrían adoptarse arbitrariamente en forma que hicieran resaltar las circunstancias que representan, pero hemos creído preferible conservar los valores reales medios para cada clase de acción mecánica, con las ventajas de que así se tiene siempre presente el fenómeno físico y, además, cualquier modificación en las condiciones mecánicas de actuación de los vehículos puede reflejarse en los coeficientes sin necesidad de nuevas convenciones, pero siempre referidas al conjunto, en lugar de aplicarse a las cargas aisladas.

Los coeficientes medios de peso de vehículos son constantes conocidas, de las que pueden obtenerse promedios admisibles. El coeficiente de impacto es también materia estudiada por muchos experimentadores, y en cuanto a las acciones tangenciales, pueden valorarse partiendo de los datos reales para cada caso, obtenidos, asimismo, de la experimentación o de su estudio teórico. En el Anejo correspondiente deducimos los que, a título de punto de partida, hemos tomado para los ejemplos presentados.

Pero, nada en el sistema se opone a que los coeficientes adoptados se modifiquen, se afinen o se subdividan, según la exactitud que se quiera o se suponga obtener. El resultado sería siempre un vector con dos componentes que puede dar idea justa, inmediata y gráfica de la magnitud considerada. En los casos en que se quisiera tener en cuenta la distribución del tráfico sobre la superficie del pavimento puede referirse a la unidad de ancho o de vía, y su distribución en el tiempo puede indicarnos el dato que en cada caso sea preciso o conveniente tener en cuenta: tráfico horario, diario, o el total que el firme haya podido soportar hasta cierto grado de desgaste o de desintegración. El dato normal y más frecuente empleado suele ser el tráfico diario.

Ahora bien, aunque el problema parece resuelto, falta aún la última fase, que no está en nuestra mano de modo inmediato. Podemos tener dos datos: de un lado, tráfico existente en un pavimento construído, o bien, tráfico supuesto probable sobre un firme en proyecto, y de otro, clases de firme que la técnica pone a nuestra disposición. Falta determinar cómo se comporta cada firme bajo un tráfico dado, tanto en su resistencia física como en su coste de ejecución y conservación; parámetros conjugados que precisa tener en cuenta simultáneamente, y cuyo conocimiento sólo la estadística o la investigación de laboratorio puede darnos, pero que hasta ahora no era posible obtener por carecerse de la unidad de medida única y comparable.

Firmes: «Macadam» = M Calizo = MC Silíceo = MS
Asfáltico = A Superficial = AS Profundo = AP
Pétreo = P Hormigón = PH Empedrado = PE
Estado: Bueno = B Regular = R Malo = M

Por mezcla = AM
Adoquinado = PA

AFORO DE TRÁFICO
en las carreteras de la provincia de León
Período de 21-octubre-1948 a 7-octubre-1949

	CARRETERA Y TRAMO	FIRME			CARACTERÍSTICAS				COMPONENTES TOTALES	
		Ancho	Clase	Estado	Unidades	T/U	V/T	H/T	V	H
P. 1	Madrid-Coruña—Valcabado	7	M. S.	M	86	5.4	1,6	0,16	603	60
P. 2	Id. íd. —La Bañeza-Astorga	7	A. S.	B	150	2,3	2	0,15	709	52
P. 3	Id. íd. —Astorga Combarros	6	A. S.	B	108	4	1,7	0,16	747	70
P. 4	Id. íd. —Bembibre-San Román	6	A. S.	B	145	3,3	1,7	0,15	836	71
P. 5	Id íd. —Dueñas-Ponferrada	6	A. S.	B	455	3,9	1,9	0,15	2.584	236
P. 6	Id. íd. —Ponferrada-Camponaraya	6	A. S.	B	776	1,7	1,6	0,15	2.120	198
P. 7	Id. íd. —Cacabelos-Villafranca	6	A. S.	B	168	4,1	1,7	0,16	1 174	112
P. 8	Adanero a Gijón—Puente Villarente	7	A. S.	B	23	2,5	1,6	0,15	1.729	162
P. 9	Id. íd. —León-Tejera	6	A. M.	B	198	2,5	1,5	0,18	779	92
P. 10	Id. íd. —La Robla-Pola	6	A. M.	B	184	2,6	1,8	0,19	867	91
P. 11	León-Astorga—León-Trobajo	6	A. S.	B	1 525	1,6	1,6	0,16	3 841	376
P. 12	Id. íd. —Hospital	6	A. S.	B	188	4	1,4	0,14	1.446	103
P. 13	Id. íd. —San Justo-Astorga	6	A. S	B	234	2,8	1,8	0,15	1.188	99
P. 14	Villacastín a Vigo a León—León	6	A. S.	B	243	2,9	1,8	0,16	1.307	114
P. 15	Ponferrada-Orense-Ponferrada-Villalibre	6	A. S.	B	822	1,8	1,7	0,15	2.554	215
P. 16	Ponferrada-La Espina - Ponferrada-Empalme	5	A. S.	B	492	2,8	1,6	0,15	2.082	203
P. 17	León-Villablino—León-Lorenzana	5	A. S.	B	853	1,6	1,7	0,15	2.255	202
P. 18	Id. íd. —Empalme La Magdalena	5	M. C.	R	262	4,7	1,6	0,23	1.868	281
P. 19	Id. íd. —Ríoscuro-Villablino	5	M. C.	B	308	2,8	1,7	0,18	1 710	174
P. 20	Ríonegro a la de León Caboalles—La Bañeza	5	M. S.	B	198	2,5	2	0,10	1.026	69
P. 21	Boñar a Tarna—Boñar	5	M. C.	B	111	3,3	1,7	0,15	642	55
P. 22	Ojedo a Riaño—Riaño	5	M. C.	B	82	4,5	2,4	0,21	571	58
P. 23	Sahagún a Arriondas—Sahagún	5	A. S.	B	128	6,5	2,2	0,15	763	54
P. 24	Id. íd. Cistierna	5	M. C.	R	227	6,5	1,5	0,15	2.275	229
P. 25	Mayorga a Astorga—Valencia	5	A. S.	B	164	2,5	1,6	0,11	679	45

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Firmes: «Macadam» = M Calizo = MC Silíceo = MS Adoquinado = PA
Asfáltico = A Superficial = AS Profundo = AP Por mezcla = AM
Pétreo = P Hormigón = PH Empedrado = PE
Estado: Bueno = B Regular = R Malo = M

AFORO DE TRÁFICO
en las carreteras de la provincia de León
Período de 21-octubre-1948 a 7-octubre-1949

	CARRETERA Y TRAMO	FIRME			TRÁFICO MEDIO DIARIO EN EL PERÍODO													
		Ancho	Clase	Estado	Camiones				Autobuses		Automóviles		Carros				Motos, bicicletas y otros		SUMA	
					Pesados		Ligeros						Pesados		Ligeros				Unidades	Tms.
	Peso medio por unidad				15 T.		7 T.		8 T.		1,5 T.		3 T.		1 T.		0,2 T.			
					U.	T.	U.	T.	U.	T.	U.	T.	U.	T.	U.	T.	U.	T.		
P. 3	Madrid-Coruña—Astorga-Combarros	6	A. S.	B	8	120	25	175	6	48	28	42	8	24	21	21	12	3	108	433
P. 4	Madrid-Coruña—Bembibre-San Román	6	A. S.	B	8	120	30	210	6	48	30	45	8	24	32	32	31	6	145	485
P. 5	Madrid-Coruña—Dueñas-Ponferrada	6	A. S.	B	16	240	148	1.036	6	48	105	105	7	21	91	91	82	16	455	1.557
P. 6	Madrid-Coruña-Ponferrada-Camponaraya	6	A. S.	B	15	225	110	770	6	48	63	94	10	30	42	42	530	106	776	1.315
P. 7	Madrid-Coruña—Cacabelos-Villafranca	6	A. S.	B	12	180	46	322	6	48	54	81	11	33	21	21	18	4	168	689
P. 15	Ponferrada-Orense—Ponferrada-Villalibre	6	A. S.	B	12	180	138	966	2	16	45	69	15	45	98	98	512	103	822	1.477
P. 17	León-Villablino—León-Lorenzana	5	A. S.	B	23	360	92	644	8	64	42	63	14	42	54	54	620	124	853	1.351
P. 18	León-Villablino—Empalme La Magdalena	5	M. C.	R	27	400	91	637	8	64	30	45	5	15	20	20	81	16	262	1.197
P. 19	León-Villablino-Rioscuro-Villablino	5	M. C.	B	23	360	64	448	8	64	41	60	3	9	11	11	158	32	308	984
P. 16	Ponferrada-La Espina—Ponferrada-Empalme	5	A. S.	B	22	330	108	756	4	32	55	82	4	12	45	45	254	51	492	1.308
P. 11	León-Astorga—León-Trobajo	6	A. S.	B	10	150	153	1.071	68	544	178	267	18	54	88	88	1 010	202	1 525	2.376
P. 12	León-Astorga—Hospital	6	A. S.	B	5	75	62	434	6	48	28	42	35	105	30	30	22	4	188	738
P. 13	León-Astorga—San Justo-Astorga	6	A. S.	B	8	120	45	315	8	64	46	69	12	36	48	48	67	13	234	665
P. 9	Adanero-Gijón-León-Tejera	6	A. M.	B	4	60	42	294	1	8	78	127	4	12	4	4	65	13	198	518
P. 10	Adanero-Gijón—La Robla-Pola	6	A. M.	B	10	150	43	301	1	8	45	68	3	9	10	10	72	14	184	480
P. 1	Madrid-Coruña — Valcabado	7	M. S.	M	6	90	32	224	3	24	20	30	—	—	13	13	12	3	86	464
P. 2	Madrid-Coruña — La Bañeza-Astorga	7	A. S.	B	5	75	22	154	1	8	32	48	6	18	43	43	41	8	150	354
P. 8	Adanero-Gijón—Puente Villarente	7	A. S.	B	22	330	61	427	22	176	46	69	8	24	35	35	38	7	232	1.068
P. 14	Villacastín a Vigo a León—León	6	A. S.	B	4	60	71	497	12	96	26	39	8	24	40	40	82	16	243	712
P. 20	Ríonegro-León-Caboalles—La Bañeza	5	M. S.	B	4	60	35	245	6	48	25	37	12	36	74	74	42	8	198	508
P. 21	Boñar a Tarna—Boñar	5	M. C.		2	30	38	266	3	24	12	18	—	—	34	34	12	3	111	372
P. 22	Ojedo a Riaño—Riaño	5	M. C.	B	3	45	21	147	4	32	23	34	—	—	10	10	21	4	82	272
P. 23	Sahagún a Arriondas-Sahagún	5	A. S.	B B	—	—	32	224	2	16	8	12	18	54	41	41	27	6	128	352
P. 24	Sahagún a Arriondas-Cistierna	5	M. C.	R	52	780	84	588	4	32	41	61	—	—	24	24	22	4	227	1.489
P. 25	Mayorga a Astorga — Valencia	5	A. S.	B	4	60	16	112	—	—	34	51	15	45	141	141	54	11	164	420

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

AFORO DE TRÁFICO
en las carreteras de la provincia de León
Período de 21-octubre-1948
a 7-octubre-1949

	CARRETERA Y TRAMO	CAMIONES			AUTOMÓVILES			CARROS			MOTOS Y OTROS			TOTAL			CARACTERÍSTICAS			
		T.	V. 1,5	H. 0,15	T.	V. 1,2	H. 0,28	T.	V. 4	H. 0,04	T.	V. 1,5	H. 0,5	T.	V.	H.	Unidades	T/U	V/T	H/T
P. 1	Madrid-Coruña - Valcabado	338	510	51	30	36	8	13	52	0,5	3	5	0,5	464	603	60	86	5,4	1,6	0,16
P. 2	Madrid-Coruña—La Bañeza-Astorga	237	356	35	48	57	13	71	184	3	8	12	1,2	354	709	52	150	2,3	2	0,15
P. 3	Madrid-Coruña — Astorga-Combarros	343	512	51	42	50	12	45	180	2	3	5	0,5	433	747	70	108	4	1,7	0,16
P. 4	Madrid - Coruña — Bembibre-San Román	368	549	55	45	54	13	56	224	2	6	9	0,9	485	836	71	445	3,3	1,7	0,15
P. 5	Madrid-Coruña — Dueñas-Ponferrada	1.324	1.990	200	105	126	30	111	444	4	16	24	2,4	1.557	2 584	236	455	3,9	1,9	0,15
P. 6	Madrid-Coruña—Ponferrada-Camponaraya	1.043	1.560	156	94	113	26	72	288	3	106	159	16	1.315	2.120	198	776	1,7	1,6	0,15
P. 7	Madrid - Coruña — Cacabelos-Villafranca	570	855	86	81	97	23	54	216	2	4	6	0,6	689	1.174	112	168	4,1	1,7	0,16
P. 8	Adanero-Gijón—Puente Villarente	933	1.400	140	69	83	19	59	236	2	7	10	1	1 068	1.729	162	232	2,5	1,6	0,15
P. 9	Adanero-Gijón-León-Tejera	362	543	54	127	153	35	16	64	0,6	13	19	2	518	779	92	198	2,5	1,5	0,18
P. 10	Adanero-Gijón—La Robla-Pola	459	688	69	68	82	19	19	76	0,8	14	21	2	480	867	91	184	2,6	1,8	0,19
P. 11	León-Astorga-León-Trobajo	1.765	2.650	265	267	320	75	142	568	6	202	303	30	2.376	3.841	376	1.525	1,6	1,6	0,16
P. 12	León-Astorga - Hospital	557	850	85	42	50	12	135	540	5	4	6	0,6	738	1.446	103	188	4	1,4	0,14
P. 13	León-Astorga—San Justo-Astorga	499	750	75	69	83	19	84	336	3	13	19	2	665	1.188	99	234	2,8	1,8	0,15
P. 14	Villacastín a Vigo a León—León	653	980	98	39	47	11	63	256	3	16	24	2	712	1.307	114	243	2,9	1,8	0,16
P. 15	Ponferrada-Orense—Ponferrada-Villalibre	1.162	1 745	175	69	83	19	143	572	6	103	154	15	1.477	2.554	215	822	1,8	1,7	0,15
P. 16	Ponferrada-La Espina-Ponferrada-Empalme	1 118	1.680	170	82	98	23	57	228	2	51	76	8	1.308	2.082	203	492	2.8	1,6	0,15
P. 17	León - Villablino — León - Lorenzana	1 068	1.610	161	63	75	18	96	384	4	124	186	19	1.351	2 255	202	853	1,6	1,7	0,15
P. 18	León-Villablino—Empalme La Magdalena	1.101	1.650	165	45	54	13	35	140	1	16	24	2,4	1.197	1.868	281	262	4,7	1,6	0,23
P. 19	León - Villablino — Ríoscuro-Villablino	872	1.510	151	60	72	17	20	80	0,8	32	48	5	984	1 710	174	308	2,8	1,7	0,18
P. 20	Ríonegro-León-Caboalles—La Bañeza	353	530	53	37	44	11	110	440	4	8	12	1,2	508	1.026	69	198	2,5	2	0,10
P. 21	Boñar a Tarna—Boñar	320	480	48	18	21	5	34	136	1	3	5	0,5	372	642	55				
P. 22	Ojedo a Riano—Riaño	322	484	48	34	41	9	10	40	0,4	4	6	0,6	272	571	58	111	3,3	1,7	0,15
P. 23	Sahagún a Arriondas — Sahagún	240	360	36	12	14	3	95	380	4	6	9	0,9	352	763	54	82	4,5	2,4	0,21
P. 24	Sahagún a Arriondas—Cistierna	1.400	2.100	210	61	73	17	24	96	1	4	6	0,6	1.489	2.275	229	128	6,5	2,2	0,15
P. 25	Mayorga a Astorga-Valencia	172	258	26	51	61	14	86	344	3	11	16	1,6	420	679	45	227	6,5	1,5	0,15
																	164	2,5	1,6	0,11

Lo que nos interesa para nuestro objeto es conocer los valoles de ambas componentes de cada caso, pero, como el número de unidades o el de toneladas pueden ser necesarios con otros fines, hemos creído que sería útil que aparezcan explícitos en la notación, que, de esta forma, podría ser única a todos los efectos, con lo que se llegaría a expresar el tráfico en un tramo por

$$U \times T\ (iV + H)$$

siendo U el número de unidades, T el coeficiente de peso en toneladas, V el coeficiente de la componente vertical y H el coeficiente de la componente horizontal.

Al sumarse geométricamente los distintos grupos, el número de unidades será la suma aritmética, pero el coeficiente de peso y sus componentes serán la suma vectorial de los grupos, que constituirán la característica de su tráfico en calidad, por oposición al número de unidades que valora su intensidad.

Para simplificar la notación, pueden suprimirse algunos signos, escribiendo: U × T (V/H), que, como valor entendido y con el hábito, puede resultar igualmente claro, y esta notación es la que aparece en el resumen y ejemplos que presentamos a continuación:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Vehículos	Peso medio	Impacto	COEFICIENTES MEDIOS			Tangencial total	Característica por unidad
			Rodadura	Aire	Aceleración		
Carros pesados	4 Tm.	4	0,040	—	—	0,040	4 (4 /0,040)
Carros ligeros	1,5	4	0,040	—	—	0,040	1,5 (4 /0,040)
Camiones pesados	15	1,5	0,020	0,020	0,110	0,150	15 (1,5/0,150)
Camiones ligeros	8	1,5	0,020	0,020	0,110	0,150	8 (1,5/0,150)
Remolques	6	1,5	0,020	—	—	0,020	6 (1,5/0,020)
Automóviles de turismo	2	1,2	0,020	0,040	0,220	0,280	2 (1,2/0,280)
Aviones en aterrizaje	15	4	0,030	—	0,020	0,050	15 (4 /0,050)

Del simple examen del resumen que antecede se deduce la naturaleza de las fatigas soportadas por el firme: En los carros hay una fuerte componente vertical; en los turismos, ésta es es insignificante, comparada con la tangencial; en los camiones, ambas son considerables, y en aterrizaje los aviones, la componente vertical puede alcanzar valores excepcionales; la horizontal es del orden de la obtenida para los automóviles de turismo.

Estas conclusiones, que están en el ánimo de cualquiera, empírica e intuitivamente, han resultado de la aplicación racional de valores medios, concordantes con la experimentación o el cálculo, lo que les da un valor de medida que, de otro modo, nunca podrían tener.

Así, con escasa aproximación, y a igualdad de intensidad o tonelaje, se aprecia inmediatamente que un tráfico de turismos, moderado, podría tener suficiente con un tratamiento superficial del tipo de las estabilizaciones de suelos empleadas en América. Esta solución será inadmisible para un tráfico análogo de carros, y el «macadam» ordinario que podría soportar el de aquéllos, resultaría inadecuado para tráfico de camiones. Por último, el aterrizaje de aviones exigiría realmente los pesados firmes que se aplican en los aeropuertos.

La aplicación sistemática del método que proponemos, permitiría determinar cuáles serían las soluciones adecuadas a casos intermedios, ya no tan evidentes ni sencillos como los expuestos, y en relación con otras muchas clases de firmes que existen, además de los mencionados.

EJEMPLOS TEÓRICOS

	Unidades	Toneladas	Vertical	Horizontal
a).—Repartición uniforme de clases de vehículos.				
Carros pesados...	100	400	1.600	16
Carros ligeros....	100	150	225	6
Camiones pesados.	100	1.500	2.250	225
Camiones ligeros.	100	800	1.200	120
Turismos.....	100	200	240	56
	500	3.050	5.515	423

Característica = 500 . 6 (1,8/0,140)

	Unidades	Toneladas	Vertical	Horizontal
b).—Igual intensidad, predominando los carros.				
Carros pesados...	200	800	3.200	32
Carros ligeros ...	270	405	1.620	16
Camiones pesados.	10	150	225	22
Camiones ligeros.	10	80	120	12
Turismos.....	10	20	24	6
	500	1.455	5.189	88

Característica = 500 . 3 3,6/0,060)

c).—Igual tonelaje, predominando los turismos.				
Carros pesados...	40	160	640	6
Carros ligeros ...	40	60	240	2
Camiones pesados.	40	600	900	90
Camiones ligeros.	40	240	360	36
Turismos.....	1.000	2.000	2.400	560
	1.160	3.000	4.540	694

Característica = 1160 . 2,6 (1,5/0,230)

d).—Iguales intensidad y tonelaje, con distinta distribución.				
Carros pesados...	220	880	3.520	35
Carros ligeros....	—	—	—	—
Camiones pesados.	120	1.800	2.700	270
Camiones ligeros.	—	—	—	—
Turismos...	160	320	384	90
	500	3.000	6.604	395

Característica = 500 . 6 (2,2/0,130)

e).—Iguales en intensidad y tonelaje, sin carros.				
Carros pesados...	—	—	—	—
Carros ligeros....	—	—	—	—
Camiones pesados.	100	1.500	2.250	225
Camiones ligeros.	120	960	1.440	144
Turismos.....	280	560	662	156
	500	3.020	4.352	525

Característica = 500 . 6 (1,4/0,170)

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

	Unidades	Toneladas	Vertical	Horizantal
f) —Iguales intensidad y tonelaje, en aeropuerto.				
Aviones comerciales.....	100	1.500	6.000	75
Camiones ligeros.	120	960	1.440	144
Turismos.....	280	560	662	156
	500	3.020	8.102	375

Característica = 500 . 6 (2,7/0,120)

Se comprende, a la vista de los ejemplos presentados, la posibilidad de comparar los distintos tráficos y establecer, dentro de límites prácticos, el concepto de su equivalencia o diferenciación sobre bases concretas, lo que resulta imposible con la mera expresión de su intensidad, su tonelaje, o aún con ambos conceptos reunidos.

Tenemos la convicción de que el sistema es susceptible de perfeccionamientos, que podrán ser sugeridos por los especialistas que le presten atención, y nos limitamos, en este modesto trabajo, a su simple exposición, con el propósito de que se tome en consideración, si se estima útil, y en lo que resulte aprovechable.

CONCLUSIONES

Nuestras conclusiones son, por lo tanto:

1.ª Las observaciones destinadas a obtener el aforo de tráfico son indispensables en cualquier tramo de pavimento al que se quiera aplicar un firme racionalmente adecuado.

2.ª El sistema de recuento y la disposición de los datos obtenidos tienen importancia secundaria, pero deben clasificar los vehículos por sus pesos y sistema de tracción.

3.ª La valoración de los resultados obtenidos en los aforos de tráfico, debe hacerse estimando las componentes vertical y horizontal de cada grupo de vehículos, mediante la aplicación a su tonelaje, de dos coeficientes de impacto y arrastre.

4.ª Los coeficientes aplicados para obtener las dos componentes, deben responder a la acción mecánica real de los vehículos sobre el firme, para que sus resultados puedan ser comparables.

5.ª Es recomendable la observación estadística o experimental del comportamiento, duración y coste de diversas clases de firmes, en relación con el tráfico que soportan, valorado como se indica en las conclusiones anteriores.

Mayo, 1950.

ANEXO NÚM. 1

DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES

A. *Coeficiente de impacto.*—Materia estudiada por diversos autores, según las clases de llantas y la disposición de suspensión y resortes, nos basta adoptar valores medios, entre los que figuran en estos estudios de especialistas, y así, tomamos:

Pesos brutos medios, supuestos para diferentes clases de vehículos y los coeficientes de impacto aplicados:

	Peso Tm.	Impacto
Carros pesados	4	4
Carros ligeros	1,5	4
Camiones pesados	15	1,5
Camiones ligeros	8	1,5
Remolques	6	1,5
Automóviles de turismo	2	1,2
Aviones comerciales en aterrizaje	15	4

B. *Coeficiente de arrastre o tangencial.*—En este concepto hay que considerar varios sumandos:

1.º *Resistencia a la rodadura*, constituída por las resistencias pasivas internas y externas que precisa vencer para mantener constante la velocidad a igualdad de las demás condiciones. Las cifras que señalan diversos autores son variables con las condiciones de las llantas, del firme y del estado de éste. No obstante, de su examen parece deducirse que existe una cierta compensación entre la mayor tersura y diámetro de las llantas de carro y la menor resistencia por razonamientos internos en los automóviles cuyas ruedas presentan en cambio una mayor rugosidad; no es aventurado adoptar, para todos ellos, un valor promedio de 20 Kg. por tonelada, o sea, 0,020.

En los carros, esta resistencia aparece en la llanta, oponiéndose al movimiento y formando una de las componentes de su par de giro, pero simultánea e independiente, como reacción del firme en los cascos de las caballerías, por lo que debe ser tenida en cuenta con el doble de su valor, para los efectos considerados de desgaste de firme, o sea, 0,040.

En los aviones, suelen utilizarse bandejas de muy baja presión, por lo que tomamos un valor de 0,030.

2.º *Resistencia del aire*, que no procede tener en cuenta en los carros, por su lento desplazamiento, ni en los remolques, por ser ya vencida por el vehículo tractor. Alcanza valores apreciables en los camiones y turismos, en función de la velocidad y de la forma. Aplicamos la expresión

$$F = 0{,}5 \cdot c \cdot S \, (V/10)^2$$

siendo c un coeficiente de forma, variable de 0,6 a 0,1; S, la superficie opuesta al viento, que oscila de 4 a 7 m^2, y V, la velocidad en Km.-hora. Supuesta para los camiones una velocidad de 40 Km.-hora y para los turismos de 60 Km.-hora, y con los valores c = 0,4 y S = 5 m^2, resultan como valores medios para camiones, 16 Kg. por tonelada, = 0,16 y para turismos, de 36 Kg. por tonelada = 0,036, y, redondeando por exceso, se ha tomado, 0,020 y 0,040, respectivamente.

En los aviones, la resistencia del aire interviene en muy distinto sentido, pues actúa sobre el conjunto del vehículo, bien aumentando la sustentación en el despegue, o como frenado en aterrizaje, pero sin que en ninguno de los dos casos su acción se transmita al firme como esfuerzo tangencial en las ruedas.

3.º *Esfuerzo de aceleración*, positiva o negativa, que no procede considerar en los carros, como caso general, ya que su marcha es sensiblemente uniforme. Sólo tendría interés en casos concretos de rampas o pendientes, donde puede estudiarse directamente cuando el caso lo requiera. En cambio, la velocidad en los vehículos automóviles puede considerarse constantemente va-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

riable a causa de las incidencias del tráfico. Existe, por tanto, de modo estadísticamente permanente, una aceleración de signo variable, pero que valoramos positiva, como caso más desfavorable.

Puede tomarse como promedio de aceleración, para camiones, la de 1 m./seg.^{2}, y, para turismos, el doble, 2 m./seg.^{2} En consecuencia, el esfuerzo necesario para producirla, será

$$F = 1{,}1 \cdot a \cdot P/g.$$

tomando un aumento del 10 % en todos los casos por aceleración de masas giratorias y siendo a, la aceleración supuesta, P el peso del vehículo y g la aceleración de la gravedad.

Se obstiene así 110 Kg. por tonelada = 0,110, para camiones, y 220 Kg./tonelada = 0,220, para turismos.

En los remolques, el esfuerzo de aceleración va aplicado a las llantas del vehículo tractor, y, por tanto, sólo procederá estimar en las del remolque, el de aceleración de masas giratorias, o sea, 10 Kg./tonelada, = 0,010.

En los aviones, el esfuerzo de aceleración tiene lugar en otros órganos del vehículo, pero para tener en cuenta la existencia frecuente de dispositivos de frenado en llanta durante el aterrizaje, tomamos 20 Kg./tonelada, = 0,020.

BIBLIOGRAFÍA

HENTRICH.—«La Moderna Construcción de Carreteras.»
ESCARIO.—«Caminos.»
HUTTE.—«Manual del Ingeniero.»
HUTTE.—«Manual del Ingeniero Constructor.»
SCHLEICHER.—«Manual del Ingeniero Constructor.»
ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE DES CONGRÈS DE LA ROUTE. RAPORTS GENERAUX.

Después de la lectura de esta comunicación, hace uso de la palabra el Sr. Lamana, para leer el trabajo siguiente, núm. 201, que no fué objeto de discusión:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 201. - Enlaces ferroviarios y expansiones urbanas

Autor: D. MANUEL LAMANA LIZARBE
Ingeniero de Caminos

En la actualidad existen problemas de enlaces ferroviarios en las poblaciones siguientes: Vigo, Coruña, Ferrol del Caudillo, Bilbao, Vitoria, Pamplona, Logroño, Miranda, Burgos, Zaragoza, Reus, Tarragona, Gerona, Barcelona, Valencia, Alicante, Albacete, Baeza, Málaga, Córdoba, Granada, Sevilla, Huelva, Cáceres, Madrid y Segovia.

La solución en cada una de varias de las poblaciones citadas es del orden de centenas de millón, y, en las más modestas, de decenas de la misma unidad.

Es natural este continuo surgir de complicaciones de esta naturaleza. Han transcurrido cien años desde la implantación del primer ferrocarril en España y ello exige una revisión de lo establecido, de las previsiones para el futuro ferroviario en sí mismo y de la influencia que ejercen en el desarrollo de las poblaciones, o bien, recíprocamente, de las expansiones urbanas sobre las instalaciones ferroviarias.

En algunos casos la necesidad de reforma de los enlaces ferroviarios tiene caracteres preferentemente de este tipo, por razón de la insuficiencia de las instalaciones existentes para las necesidades actuales y deficientísimas, si se toma en consideración una prudente previsión para el futuro.

En otros, la alarma procede inicialmente de las poblaciones cuya expansión se ve limitada por el ferrocarril, con la particularidad, muy frecuente, de que esa expansión tiene lugar preferentemente hacia la zona ocupada por las instalaciones ferroviarias, las cuales, a la vez que bloqueadas, quedan adentradas cada vez más en el núcleo urbano.

De ello resulta una doble imposibilidad de expansión, tanto urbana como ferroviaria. Es el fenómeno más corriente en muchos órdenes de la vida, dos elementos que se atraen y se necesitan mutuamente, tanto o más como se pelean y rechazan.

Mientras tanto, los terrenos circundantes han aumentado y continúan aumentando de valor de modo intenso e interrumpido, el cual, naturalmente, es compartido por el solar ferroviario. Es en este momento cuando intervienen las entidades municipales y urbanistas con sus planes de ordenación y ensanche de las poblaciones.

Los ferrocarriles se hicieron en régimen de empresa con predominante preocupación económica en los trazados, lo que, naturalmente, ha redundado en perjuicio de los óptimos desde el punto de vista de la explotación ferroviaria y de la posibilidad de sus ampliaciones futuras. Hoy sufrimos las consecuencias de ello, por cuanto se hace preciso destruir parte de lo hecho y construir nuevamente a mayores precios y con mayores gastos.

Esto no obstante, no pueden censurarse aquellos procedimientos. En su iniciación, los ferrocarriles cumplieron una misión importantísima y, sobre todo, fué un paso gigantesco el mero hecho de su creación.

Hoy, en régimen estatal, debe ser otro el punto de vista al realizar mejoras, sin más mira final que una buena y económica explotación para el futuro y con vistas a posibles ampliaciones. Es, a nuestro juicio, evidente que la base del gran transporte terrestre, sobre todo, de grandes masas y, en especial, de mercancías, ha de ser siempre el ferrocarril, el cual, además, en nuestra realidad nacional, es el medio de transporte que exige el mínimo de materiales y de mano de obra extranjera.

Hemos dicho que la mira principal en el establecimiento actual de ferrocarriles debe ser la perfección de sus instalaciones. Esto, que es verdad, no puede, desgraciadamente, ser absoluto, pues, como veremos, el importe total es muy grande para no tener que tomarlo en consideración.

Así pues, conjugando la importancia económica de los gastos con los beneficios que reportarán a los futuros usuarios, parece lógico que éstos contribuyan a sufragar aquéllos, y de ahí la necesidad de realizar empréstitos, para estas atenciones, amortizables a largo plazo.

Decíamos que estamos en un momento de asfixia mutua de ferrocarril y población (con alza elevada del valor de los terrenos circundantes de las estaciones y del ocupado por estas mismas), que exigen el levante de aquél y su desplazamiento a zonas más alejadas del núcleo urbano. Esto tropieza con la resistencia natural de la RENFE, ante el temor de la pérdida de sus clientes a causa de su alejamiento. Tampoco es económicamente posible la ampliación ferroviaria a costa de la población en unas superficies de gran valor con derribos de viviendas y que, después de todo, entorpecerían aún más el ensanche urbano. En definitiva, se impone el traslado ferroviario.

Parece lógico aprovechar la gran alza de los solares de la RENFE que hayan de quedar libres, para compensar los gastos

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

de nuevas instalaciones ferroviarias en zonas más alejadas y los de traslado de las actuales. Esta es la idea en la que frecuentemente se basan las propuestas municipales al iniciar tales reformas, e incluso se dan casos en los que se piensa en la constitución de una empresa que financiara todo ello, tomando como base el valor adquirido por aquellos solares que hubieran de quedar liberados. Y aquí surge precisamente la dificultad, pues nuestra legislación actual carece de disposiciones ágiles que permitan realizar estas operaciones, que, en el fondo, no son sino de permuta de terrenos, en plazo tan breve como fuera de desear y sin las grandes complicaciones administrativas a que actualmente dan lugar.

Resulta, efectivamente, que en la actualidad no está suficientemente claro si los terrenos sobrantes son realmente de la RENFE, de tal manera que pueda disponer de ellos a estos efectos aun cuando ella sea como mandataria del Estado; si son del Ministerio de Obras Públicas, y en qué condiciones de libre disposición; si deben pasar al Patrimonio General del Estado con intervención de los Organismos correspondientes en virtud de la Ley de Administración y Contabilidad, o si, en algún caso, en virtud de la Ley de Expropiación Forzosa, deben volver a poder de los propietarios que fueron expropiados únicamente para fines ferroviarios.

Todo esto, como se ve, envuelve una serie de complicaciones de tipo jurídico-administrativo, que, sin tener nada que ver con la técnica ingenieril, dificulta en grado elevado soluciones de esta clase que podrían hallarse, incluso económica, a base de disposiciones claras, terminantes y ágiles, de rango adecuado.

Otro aspecto de esta cuestión que tiene también gran importancia, si se quiere salir al paso de dificultades análogas para el futuro, es el siguiente:

Supongamos realizado el traslado de las instalaciones ferroviarias a zonas actualmente algo más alejadas de las poblaciones, donde el valor actual de los terrenos es más reducido. Para ello habría sido necesario realizar las expropiaciones necesarias exclusivamente para las instalaciones previstas en los proyectos y no más, puesto que la Ley así lo determina. Es de suponer que, dada la atracción que, según hemos dicho al principio, ejerce el ferrocarril para la construcción de núcleos urbanos volverá a repetirse el problema en plazo más o menos breve.

Parece aconsejable tomar las medidas oportunas para que ello no suceda, ya que, en caso contrario, se crearía un ciclo de desembolsos crecientes para el Estado y de beneficios igualmente crecientes para los propietarios particulares de terrenos inmediatos a los ferrocarriles. Encontramos natural que, por lo menos, los gastos estatales por este concepto encuentren alguna compensación en las obras mismas; que el Estado participe en los beneficios que produce en vez de que éstos queden absorbidos íntegramente por los propietarios circundantes.

Una posible manera de conseguirlo podría ser mediante otra disposición administrativa que autorizara a expropiar, no sólo los terrenos estrictamente necesarios para situar las instalaciones, sino, además, extensiones o zonas ferroviarias ajenas, para atender, no solamente a sus posibles ampliaciones, sino también para que, mediante parcelaciones, urbanizaciones y venta posterior, permitiera al Estado resarcirse de una parte importante de sus desembolsos.

Esto, que parece justo, permitirá resolver o, al menos, aliviar la carga que para el Estado suponen problemas de este tipo que, de otra manera, son inabordables, sin desequilibrio incluso para la potencia económica estatal, y que, además, es de todo punto necesario afrontar inmediatamente si se quiere tener los ferrocarriles a la altura de su misión.

Esta exposición sería incompleta si no diéramos algunas cifras indicadoras, siquiera del orden de importancia del problema:

Debe observarse que en su estimación influyen circunstancias modificativas importantes; por ejemplo, según que los terrenos utilizados provengan de fajas ganadas al mar por otras obras del Estado, como ocurre en algunas zonas portuarias de la extensión del plan propuesto, de que se incluyan o no posibles electrificaciones, de la época en que se realicen las obras, etc. En el momento presente se están planteando esta clase de problemas en las poblaciones citadas y, fuera de contados casos, la apreciación de su importe es puramente por estima y comparación con los pocos actualmente existentes en período de ejecución.

Madrid.—El caso de Madrid tiene características comunes al de otras poblaciones, como son la necesidad de modificaciones ferroviarias por defecto de ubicación, extensión y capacidad; insuficiencia de comunicación para las mercancías de tránsito, constituir prácticamente una solución de continuidad para los trenes de viajeros, y en su zona Sur, especialmente, una barrera para la comunicación viaria de dos importantes zonas de la población con obligada congestión en la glorieta de Atocha. Independientemente de esto, el ser centro de concurrencia de las principales líneas férreas nacionales y su carácter de capital de la nación dan a sus enlaces un aspecto representativo de especial importancia.

La solución de lo previsto y previsible gastado y por gastar no bajará de los novecientos a mil millones de pesetas.

Barcelona.—Constituye un ejemplo de previsión al establecer su plan ferroviario inicial. Afecta a la ciudad en un mínimo merced a su zanja de la calle de Aragón y únicamente se agrava el problema en este aspecto por la expansión de sus arrabales. Aun así, su solución habrá costado al final unos quinientos millones de pesetas.

Valencia.—Gravísimo problema urbano, de modificación y ampliación de instalaciones ferroviarias y de enlaces entre las líneas existentes. Orden de coste calculado en 1946, 230 millones de pesetas, sin contar electrificaciones.

Zaragoza.—Ampliaciones y enlaces ferroviarios convenientes. Problema urbano. Orden de coste, sin electrificación, cifras del año 1947, 234 millones de pesetas.

Reus, Tarragona.—Problemas urbanos y ferroviarios; orden de coste, 40 millones de pesetas.

Vigo.—Problema urbano, ferroviario y portuario; orden de coste, 90 millones de pesetas.

Coruña.—Problema urbano muy acentuado y ampliación ferroviaria y portuaria; orden de coste, 30 millones de pesetas.

Ferrol del Caudillo.—Problema urbano, ferroviario y portuario, 20 millones de pesetas.

Bilbao.—Problema ferroviario, portuario y de futura expansión urbana; orden de coste, 200 millones de pesetas.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Logroño.—Problema urbano y ferroviario; orden de coste, 30 millones de pesetas.

Miranda.—Problema urbano y ferroviario; orden de coste, 20 millones de pesetas.

Burgos.—Problema urbano y ferroviario; orden de coste, 40 millones de pesetas.

Gerona.—Problema urbano y ferroviario; orden de coste, 10 millones de pesetas.

Alicante.—Problema urbano, ferroviario y portuario; orden de coste, 50 millones de pesetas.

Albacete.—Problema urbano y ferroviario; orden de coste, 70 millones de pesetas.

Málaga.—Problema urbano, ferroviario y portuario; orden de coste, 45 millones de pesetas.

Córdoba.—Problema urbano y ferroviario; orden de coste, 200 millones de pesetas.

Sevilla.—Problema urbano y ferroviario; orden de coste, 200 millones de pesetas.

Cáceres.—Problema urbano y ferroviario; orden de coste, 50 millones de pesetas.

Segovia.—Problema urbano y ferroviario; orden de coste, 35 millones de pesetas.

Pamplona.—Problema urbano y ferroviario; orden de coste, 50 millones de pesetas.

Huelva.—Problema urbano y portuario; orden de coste, 50 millones de pesetas.

Baeza.—Problema urbano y ferroviario; orden de coste, 60 millones de pesetas.

La Junta de Estudios y Enlaces Ferroviarios, Organismo creado el año 1944 para ocuparse de estos problemas, está recibiendo actualmente, por conducto de la Dirección General de Ferrocarriles, de la cual depende, muchas solicitudes de poblaciones que demandan soluciones, a veces con caracteres apremiantes.

Como se deduce de lo expuesto, la cifra necesaria para estas atenciones rebasa ampliamente en la actualidad los tres mil millones de pesetas y, aun cuando la apreciación se haya hecho por estima, ello da idea de la importancia del problema que lógicamente aumentará con el tiempo.

La presente comunicación tiene por objeto llamar la atención de la Superioridad sobre ello y tratar de arbitrar procedimientos para hacer frente a estos gastos en forma tal que las mismas obras puedan contrapesar directamente, o al menos, en parte, los desembolsos estatales.

Estudiar la posibilidad de realizar las expropiaciones para atenciones ferroviarias con previsión suficiente para que las futuras ampliaciones que puedan ser necesarias tengan lugar en terrenos que no puedan ser invadidos por expansiones urbanas o bien que éstas, cuando se realicen, tengan lugar en zonas ya adquiridas por el Estado, revalorizadas por sus obras y con beneficio para aquél.

Ello, a nuestro entender, puede conseguirse con algunas modificaciones en las disposiciones legales vigentes sobre expropiaciones en lo referente a nuevas instalaciones y con una autorización de amplitud y flexibilidad suficientes al Ministerio de Obras Públicas, compatible con la Ley de Administración y Contabilidad, para disponer de los terrenos que se liberen al ser levantadas las instalaciones actuales para ser trasladadas a otro lugar.

Madrid, marzo de 1950.

A continuación de esta lectura se procede a la de la siguiente comunicación:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 243. - El problema del transporte terrestre en España

Autor: D. JOSÉ LUIS ESCARIO Y NÚÑEZ DEL PINO
Ingeniero de Caminos

El transporte terrestre, cuya importancia trascendental para la economía nacional es indiscutible, está pasando en España por una crisis grave, resultado de una serie de causas que intentaremos analizar para deducir cómo, a nuestro juicio, se debe enfocar su reorganización y mejora.

Concepto del transporte terrestre.—Es nuestro propósito abordar conjuntamente el estudio del problema del transporte por ferrocarril y carretera. El transporte por aire cumple, hoy por hoy, una función de trascendencia indudable, pero independiente de la que incumbe al ferrocarril y la carretera. Por otra parte, la actuación del Estado, en el transporte por aire, es, fundamentalmente, disponer los aeropuertos precisos y ello se está haciendo con acierto indudable en cuanto se refiere a las características generales de situación y dimensiones. Cuando se encuentren terminadas las obras hoy en marcha, que llevan ritmo muy rápido, España contará con un sistema de aeropuertos suficiente para recoger el tráfico interior y el internacional, que recibe por su situación geográfica, como punto estratégico de paso de las líneas intercontinentales. Pero además, el tráfico aéreo, utilizado siempre en grandes distancias para servicio de viajeros y mercancías de alto valor y poco peso, tiene solamente relativa influencia dentro del conjunto del transporte nacional. En 1948 se transportaron 471.025 toneladas de mercancías y 163.106 viajeros; las cifras, aunque van en aumento, económicamente no pesan frente a las análogas de la carretera y ferrocarril. Por esta causa nos ocuparemos en el presente estudio, como elementos fundamentales del transporte nacional, del que tiene lugar por carretera y ferrocarril.

Y es nuestro propósito estudiar conjuntamente ambos problemas, porque, en realidad, lo que se trata de resolver es uno solo: el problema del transporte terrestre. Y esto, que es cierto en todo caso, si se tiene en cuenta el fin nacional que carretera y ferrocarril han de cumplir en cualquier país, es más claro en el nuestro, donde los gastos de ambos servicios pesan directamente sobre el presupuesto estatal, por el hecho de estar estatificados en la RENFE los servicios ferroviarios de la totalidad de la red española de vía ancha. Lo que debe buscarse al enfocar el problema, más que las manidas fórmulas de *coordinar*, es dejar aseguradas las necesidades del transporte nacional, con el mínimo coste de la tonelada-kilómetro y viajero-kilómetro.

Importancia económica del problema.—Las cifras del transporte de mercancías por carretera y ferrocarril en el último año normal y el año 1948 son las siguientes:

Año 1929-1930	Ferrocarril	5.466.859.500	ton-km.
» » »	Carretera	1.836.000.000	»
» 1948	Ferrocarril	5.541.000.000	»
» »	Carretera	1.350.000.000	»

El recorrido medio de la tonelada por ferrocarril ha sido en 1948 de 227 kilómetros; no tenemos datos de la carretera.

Como la población de España en 1930 era 23 millones de habitantes y hoy 28, para comparar las cifras habría que dividir las de 1948 por 1.217; la disminución real del tráfico, tenido en cuenta el aumento de población, ha sido, desde 1929, para el ferrocarril, del 16,70 % y, por carretera, el 39,54 %; cifras realmente impresionantes y que explican la carestía de muchos productos, el alza indebida de otros y el encarecimiento de la vida en los grandes centros de población, lejos de las zonas de producción. Hay que tener en cuenta la tendencia, contraria, como es lógico, en el tráfico de otros países donde, al revés que en España, el tráfico total va cada día en aumento.

Si es importante el tráfico de mercancías, no lo es menos el de viajeros, que en el año 1948 fué:

Por ferrocarril	115.084.000
» carretera	65.123.000

El número de viajeros-kilómetro transportados por ferrocarril ha sido 7.614 millones, con un recorrido medio por viajero en kilómetros de 66,2. Por carretera en el período 1942-1943 fué de 3.174 millones.

El simple examen de las cifras anteriores da idea clara de la importancia trascendental del transporte, en la vida económica de la nación. Hay que tener en cuenta, para interpretar correctamente las cifras anteriores, que las correspondientes al ferrocarril son completas, pero las que se refieren a la carretera no reflejan más que el movimiento de mercancías que están sujetas a impuesto de transporte; igualmente el tráfico de viajeros es el correspondiente a las líneas regulares; falta todo lo refe-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

rente a los transportes particulares de mercancías y el de viajeros realizado en coches particulares.

Razones del actual estado de cosas.—La disminución del tráfico terrestre en España tiene causas que es conveniente examinar, pues de ello podremos deducir la orientación conveniente para que el problema entre en vías de solución.

El ferrocarril y la carretera se encuentran en un momento gravísimo, como lo demuestran las cifras expuestas, y hay que remediar el actual estado de cosas, para que el tráfico de viajeros y mercancías llegue a la cifra que la economía nacional exige con angustia. El problema del transporte terrestre está hoy, a nuestro juicio, en un primer plano de las necesidades nacionales, porque afecta a todos, absolutamente a todos, los ciudadanos y es una de las causas de la carestía y dificultad de la vida. Dentro de una ordenación lógica de los gastos y recursos nacionales hay que atender, con preferencia absoluta, al problema del transporte, que además, día por día, se agrava en progresión creciente; así lo han hecho otros países, afectados por la última guerra, y hoy, por ejemplo, Francia e Italia tienen sus ferrocarriles y carreteras en condiciones análogas a las de 1939. ¿Cuáles son las características del problema?

El ferrocarril.—La explotación del ferrocarril es deficitaria en la mayor parte de los países, donde las dificultades económicas de las empresas, o las tendencias políticas de los Gobiernos, ha llevado a la solución de estatificación. Por ejemplo, el déficit supuesto en Francia para la explotación de la S. N. C. F. en 1950 se ha evaluado en 84.000 millones de francos, y como la subvención estatal prevista es de 50.000 millones de francos y las disminuciones en los gastos se calculan en unos 10.000 millones de francos, queda todavía un déficit para cubrir el cual ha sido preciso aumentar las tarifas de viajeros en un 33 % a partir del 21 de enero de 1950. En la RENFE el panorama económico es semejante; se refleja en el cuadro adjunto.

Resultados de la explotación desde la constitución de la RENFE.

(En miles de pesetas.)

AÑOS	Productos de la explotación	Gastos de la explotación	Productos netos	Cargas financieras	Productos resultantes
1941	1.109.254	1.093.358	+ 15.897		+ 15.897
1942	1.590.712	1.496.715	+ 93.797		+ 93.797
1943	1.615.531	1.624.072	— 8.541		— 8.541
1944	1.662.004	1.766.915	— 104.910		— 104.910
1945	1.974.009	2.146.623	— 172.614		— 172.614
1946	2.287.682	2.432.442	— 44.760	12.000	— 56.760
1947	2.638.263	2.074.129	— 35.866	12.000	— 47.866
1948	2.796.184	3.067.487	— 281.303	26.000	— 307.303
1949	2.759.000	3.379.000	— 620.000	38.000	— 658.000

La reciente subida de sueldos y jornales a los ferroviarios ha producido un aumento de tarifas, que solamente servirá para cubrir esta atención; el déficit no será posible cubrirlo.

La relación entre los índices ponderados de precios y las tarifas de mercancías no ha seguido ritmo igual, pero es indudable que no ha de ir la política ferroviaria a encontrar, únicamente en la elevación de tarifas, el remedio de la situación económica, pues la prudencia más elemental obliga a ser muy cautos en este camino, que repercute inexorablemente en los índices de coste de vida y en definitiva es inoperante, ya que no lleva más que a un ciclo de inflación; como criterio estatal, tal vez sea más lógico mantener las tarifas y cubrir el déficit con una *aportación eventual* del presupuesto del Estado. No será de justicia, puesto que la aportación del presupuesto cae sobre todos los ciudadanos y no sobre el usuario, pero en una política que no quiera lanzarse a la inflación es solución más sensata, puesto que tiene sólo carácter eventual y transitorio.

La grave situación económica del ferrocarril en el mundo, en los momentos actuales, se debe a causas muy complejas y muy fundamentalmente a la evolución del conjunto del transporte terrestre ferrocarril-carretera. Esta última, que quedó relegada a lugar secundario cuando, a mediados del pasado siglo, adquirió rapidísimo desarrollo el ferrocarril. El progreso del transporte automóvil, en los últimos veinticinco años, ha sido tan patente, que indefectiblemente tuvo que resentirse el transporte por ferrocarril; se ha aumentado considerablemente la capacidad de carga a los vehículos, que llegan por eje a nueve toneladas y aun más, y se ha multiplicado al mismo tiempo el número de ejes hasta seis y corrientemente cuatro; se llega así a cargas por vehículo que alcanzan y aun superan las 30 toneladas. Con las combinaciones de potentes tractores y uno o dos remolques se constituyen verdaderos trenes de carretera, que compiten en condiciones de gran ventaja con el ferrocarril, por su elasticidad de movimiento. Ante esa competencia son, a nuestro juicio, inútiles las fórmulas de coordinación que limitan o coartan el tráfico de la carretera para defender el ferrocarril; todo progreso técnico acaba por imponerse; lo que hace falta es poner al ferrocarril en condiciones de competencia dentro del tráfico, que es típicamente suyo, y para ello es imprescindible, en primer término, darse cuenta exacta de cuál es la función fundamental del ferrocarril dentro del conjunto de la economía.

La aparición del avión ha restado al transporte terrestre un volumen importante de tráfico de lujo, a larga distancia, para el cual no le importa que el coste unitario sea mayor, sino llegar pronto; este tráfico, por su condición de larga distancia, era antes acaparado por el ferrocarril, y aunque su volumen total no sea importante, hoy por hoy, tiene el peso económico de que era lo mejor «de la crema del transporte»; a nadie se le ocurre hoy mandar por gran velocidad un pequeño paquete de valor que interesa llegue a su destino rápidamente. Las horas del transporte en avión se multiplican por 12 en el ferrocarril, aun empleando trenes de gran lujo. Por su parte, la carretera acapara el tráfico de mercancías a corta distancia de pequeño volumen y coste elevado, en las cuales la ventaja del menor precio unitario por kilómetro, que el ferrocarril puede ofrecer, no compensa económicamente a la del transporte de puerta a puerta, característico del camión. El ferrocarril, para dar esta misma ventaja, ha establecido este servicio, complementando el ferroviario en uno de camiones para recoger o servir la mercancía en la puerta del cliente; pero el hacerlo así no evita el doble transbordo que, aparte de los inconvenientes que siempre trae consigo para la mercancía, especialmente en algunas determinadas, representa un suplemento de coste que no resiste la

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

competencia del transporte total por camión en trayectos cortos. La función típica del ferrocarril, donde éste tiene ventaja indudable, es en el transporte de mercancías de poco precio y gran volumen a distancias importantes, superiores aproximadamente a los 200 kilómetros; son productos que solamente resisten tarifas reducidas que únicamente el ferrocarril puede ofrecer; estos transportes son fundamentales para la economía de la nación —cereales, patatas, carbón, minerales, etc...—, de aquí la necesidad ineludible de acondicionar el ferrocarril para que pueda cumplir esta misión fundamental con eficacia y sin déficit. Para ello es necesario que el tráfico de mercancías se verifique en trenes de gran capacidad de transporte y velocidad comercial elevada, con un máximo aprovechamiento del material. Nuestra red se encuentra en condiciones muy deficientes para cumplir este fin y mientras las circunstancias actuales no cambien de manera radical, es imposible lograr una explotación sin déficit. No es posible, ni para ello estamos capacitados, que en este trabajo hagamos un plan completo de las modificaciones a precisar para poner nuestra red en condiciones; solamente señalaremos los defectos fundamentales que existen y que todos los ferroviarios conocen, dando unas cifras globales de lo que podría representar la tarea imprescindible, para deducir de ésta, forzosamente rápida ojeada del panorama ferroviario español, sus características y, de ellas, un criterio en relación con la forma de abordarlo.

Falta de capacidad de la red.—La red española está falta de capacidad en sus arterias principales. El estado, verdaderamente deplorable, de la vía no permite, aunque la planta y el perfil fueran los adecuados, la conveniente velocidad entre estaciones; la falta de capacidad de éstas hace que se pierda tiempo excesivo en las operaciones de carga y descarga, lo cual repercute en una utilización antieconómica del material; faltan estaciones de clasificación con suficiente capacidad; solamente en León hay una capaz, pero está falta de instalaciones modernas de frenado de vía, que permiten con gran facilidad y sencillez clasificar al día miles de vagones.

En un total de 12.800 kilómetros, solamente hay 1.794 con doble vía, sin que exista completa, dentro de la cifra anterior, ni una sola arteria principal. Hay algunas que sirven a zonas productoras importantísimas, donde el tráfico sufre un estrangulamiento fatal a causa de la no existencia de doble vía; hoy se están corrigiendo algunos de estos defectos de importancia vital.

El sistema de señales, salvo unos kilómetros de bloques y algunas luminosas, es totalmente insuficiente para circular a velocidades normales, y ello viene a agravar las causas de incapacidad anteriormente enunciadas.

La falta de capacidad de la red hace que el servicio de mercancías sea deficientísimo; ha habido épocas en estos últimos años en que la facturación al por menor ha estado suspendida ocho meses. El número de trenes de viajeros tampoco es el suficiente en los itinerarios principales; el viajero no tiene seguridad de encontrar plaza, si no puede preparar el viaje con antelación; en épocas determinadas, ni aun así.

Vamos a analizar rápidamente cada una de las causas enunciadas.

Estado de conservación de la vía.—Se encuentra en situación verdaderamente angustiosa; no es solamente el grave peligro que representa para la circulación, bien patente por el número de accidentes que ocurren, sino el obstáculo que constituye para el rendimiento de la red, en la cual, por esta causa, la velocidad comercial tiene que ser forzosamente baja. La longitud total de vías explotadas por la RENFE es de 14.594 kilómetros; la renovación normal es de 270 kilómetros al año; la cifra media de renovación efectuada a partir de 1940 ha sido:

1940	68,392	Kms.
1941	59,586	»
1942	22,550	»
1943	37,309	»
1944	82,898	»
1945	52,902	»
1946	80,631	»
1947	98,834	»
1948	90,185	»

Con este ritmo medio se vendría a exigir al carril una vida de 100 años; en Estados Unidos se cambian cada 10. La gravedad del problema es evidente; puede llegar un momento en que se produzca un colapso de la red; y conviene no olvidar que el entorpecimiento que para el tráfico representa la renovación, máxime en una red ya por sí falta de capacidad, impone un máximo de trabajo, del cual en la práctica no sería posible pasar aunque se dispusiese, con exceso, de todos los elementos necesarios; no creemos que fuese posible exceder de una cifra del orden de los 700 kms. anuales, sin causar un embotellamiento del tráfico de fatales consecuencias.

Unos números nos darán idea de la dimensión del problema; prescindamos del transporte de traviesas y carriles y limitémonos únicamente a ver el problema que el balasto representa. Estimando en 1,5 m^3 de balasto por m. l. de vía, para los 700 kms. precisarían 1.050.000 metros cúbicos, lo que representaría con 300 días de trabajo 3.500 metros cúbicos diarios; con una distancia media de transporte de 60 kms. precisaríamos un movimiento diario de 210.000 mts^3-kilómetros; como cada tren de trabajo de 20 plataformas lleva 100 metros cúbicos y recorre, como máximo, 80 kilómetros, necesitarían 27 trenes y 520 plataformas; el aumento de este tráfico, unido el trastorno que inevitablemente ha de producir la renovación, se calcula fácilmente el efecto que había de producir sobre los cuadros de marcha actuales, ya muy sobrecargados, en las líneas principales, que son las más necesitadas de renovación. A este ritmo, tan lejos del real, y máximo al cual se podría trabajar, harían falta 20 años para la total renovación de la red; no es preciso esforzarse mucho para sacar las consecuencias de lo expuesto.

El problema de las traviesas es también de gravedad indudable, pues difícilmente el mercado nacional puede cubrir las demandas que angustiosamente exige nuestra red ferroviaria. En 1944 el número de traviesas inútiles era de 6 millones; desde entonces algo se ha hecho y, más que nada, se ha preparado en relación con nuevas explotaciones forestales, pero prácticamente se han renovado menos traviesas que las que han terminado de estropearse.

Elementos accesorios de la vía.—Señales y enclavamiento.—Según ya indicamos, puede decirse que no tenemos señales modernas; en casi toda la red las instalaciones son primitivas e insuficientes para que sea posible circular a velocidades normales. De enclavamientos, no existen más que los primitivos. El problema

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

es económicamente importante, aunque no tiene la trascendental gravedad del que representa la vía en sí; algo se está haciendo y con medios económicos abundantes se podría, con relativa rapidez, poner nuestras líneas en condiciones.

Insuficiencia de las instalaciones de estación.—Que las instalaciones de estación, muelles, almacenes, etc., estén habilitadas en condiciones de capacidad para servir rápidamente, repercute en el aprovechamiento del material, del cual estamos tan escasos y, en definitiva, en la capacidad de tráfico de la red. Si el ciclo de utilización de vagones, que en 1947 oscilaba entre 8 y 9,6 y que hoy ha llegado a 7,5, baja a 6 cifras de aspiración perfectamente posible, habría un aumento virtual del Parque Móvil del 32 %, o sea de 22 a 23.000 vagones. (De la Memoria del Banco Urquijo, 1947.)

Material motor y móvil.—El material existente de ambas clases es el siguiente:

FIN DEL AÑO	Locomotoras de vapor	Locomotoras eléctricas	Coches	Automotores	Vagones y furgones
1941	2.475	—	2.816	—	64.997
1942	2.579	—	3.078	—	69.959
1943	2.748	—	3.218	—	70.915
1944	2.704	65	3.038	113	69.204
1945	2.705	78	2.682	115	72.526
1946	2.712	80	2.607	112	(1) 70.042
1947	2.689	79	2.742	126	71.085
1948	2.701	78	2.736	126	69.062

(1) Cifras rectificadas.

Las adquisiciones realizadas desde 1940 han sido las siguientes:

AÑOS	MATERIAL MOTOR Y MÓVIL					
	Locomotoras		Automotores		Coches	Vagones
	Vapor	Eléctricas	Eléctricos	Térmicos		
1940	24	—	—	4	—	—
1941	15	—	—	6	—	—
1942	83	—	—	—	—	2.743
1943	54	—	5	—	47	964
1944	16	3	11	—	1	357
1945	21	15	14	—	—	1.085
1946	45	6	—	—	32	601
1947	23	1	—	—	53	74
1948	19	1	—	—	31	41

El examen de las cifras anteriores pone bien en manifiesto que el parque de material no ha tenido prácticamente aumento en el período que examinamos, y ello es debido a que el aumento producido por los vagones de nueva construcción se compensa por el material que queda fuera de servicio. Además, los talleres de reparación de la RENFE están faltos de la organización y de los elementos necesarios.

De coches, faltan unos 600 y 3.000 vagones, más unas 100 locomotoras; estas últimas no es posible repararlas más que en último extremo y, por ello, las averías en servicio son muy frecuentes, con el trastorno consiguiente para la circulación.

Hay que dotar a todo el parque de frenos por vacío, para mejorar la velocidad comercial y ahorrar personal; su establecimiento representaría una economía de 4 a 5 agentes por tren, 5.000 en total; a la economía que esta reducción de personal había de representar, deberíamos añadir el posible aumento de velocidad comercial y, por tanto, de capacidad de la red.

La puesta a punto del parque de la RENFE precisaría un esfuerzo industrial considerable; la industria española de transformación estaría en condiciones de hacer frente a él, pero se tropieza, como dificultad fundamental, con la falta de material siderúrgico, que nuestra industria nacional no está en condiciones de servir, máxime sin privar del mismo a otras apremiantes necesidades nacionales. Es indudable que si se quiere actuar con la rapidez que la eficacia exige, sería necesario acudir a la importación, especialmente de materias primas siderúrgicas; si no se hace así, será más lo destruído que lo repuesto y no se logrará nunca alcanzar un nivel aceptable.

Aspecto económico del problema.—El forzosamente brevísimo examen del estado en que se encuentra la RENFE, pone de manifiesto el enorme esfuerzo preciso para colocar la red española fundamental en condiciones aceptables de explotación.

El resultado económico de la explotación arroja cada día un déficit mayor, según hemos visto.

El Consejo de Administración tiene aprobado un plan muy modesto para remediar las necesidades más apremiantes, y cuyas cifras fundamentales son las siguientes:

REFORMAS Y MEJORAS EN LA VÍA E INSTALACIONES	*Pesetas*
Refuerzo de puentes	200.000.000
Mejoras en las vías	1.000.000.000
Mejoras en estaciones de clasificación...	55.000.000
Ampliación de estaciones...	36.000.000
Alumbrado de estaciones	29.000.000
Alumbrado de estaciones de clasificación...	10.000.000
Nuevas señales (primera etapa)...	170.000.000
Mejoras de comunicaciones telefónicas...	29.000.000
TOTAL...	1.529.000.000

REFORMAS Y MEJORAS EN EL MATERIAL MOVIL Y DE TRACCIÓN	
Arreglo de vagones, coches y locomotoras...	350.000.000
Instalación de frenos en los vagones	150.000.000
Refuerzos de ganchos de los vagones	79.000.000
Substitución de ejes	175.000.000
Alumbrado de trenes	75.000.000
740 vagones americanos	35.000.000
200 locomotoras nuevas (100 del plan de 1945) que se han de construir en España	400.000.000
5.000 vagones que se han de construir en España.	500.000.000
100 coches franceses y material para construir en España otros 100 coches	112.000.000
50 automotores de «gas-oil»	100.000.000
20 locomotoras Diesel eléctricas, para maniobras...	40.000.000
TOTAL...	2.016.000.000

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

	Pesetas
TALLERES Y DEPÓSITOS	
Reparación de talleres (primera etapa)	226.000.000
Depósitos y reservas (primera etapa)	269.000.000
Taller eléctrico (primera etapa)	50.000.000
Taller de creosotado	5.000.000
TOTAL	550.000.000
INSTALACIONES PARA CARGA DE CARBÓN	
Taller de mezclas de carbones	60.000.000
Mejoras en carboneras	10.000.000
TOTAL	70.000.000
ELECTRIFICACIÓN DE 1.100 KILÓMETROS DE LÍNEAS	1.000.000.000

RESUMEN

Vías		1.529.000.000
Material y Tracción		2.016.000.000
Talleres y depósitos		550.000.000
Instalación para carga de carbón		70.000.000
Electrificación de 1.100 kilómetros de líneas		1.000.000.000
TOTAL		5.165.000.000
A deducir:		
Inversiones ya realizadas	315.000.000	
Saldo efectivo de las emisiones ya acordadas	250.000.000	565.000.000
Nuevos créditos que se solicitan		4.600.000.000

	Pesetas
INVERSIONES EN MONEDA EXTRANJERA	
De éstos 4.600.000.000 se invertirán en moneda extranjera:	
En vías (carriles, accesorios y traviesas)	400.000.000
En material de señales	100.000.000
En material de frenado	100.000 000
En automotores Diesel	100.000 000
En locomotoras Diesel (maniobras)	40.000.000
En materiales para la reparación de locomotoras	50.000.000
En materiales para la electrificación	400.000.000
En adquisición de coches franceses y materiales para construir en España	110.000.000
En materiales para talleres, de vapor y eléctricos.	110.000.000
TOTAL	1.410.000.000

Equivalentes a 130.000.000 de dólares.

(Las pesetas equivalentes —evaluadas a la paricidad actual de 11 pesetas = 1 dólar— dependerán del cambio a que se obtengan y podrán, pues, cambiar sobre la hipótesis hecha. Ello alteraría el importe calculado en pesetas.)

DISTRIBUCIÓN DE LAS INVERSIONES POR AÑO

En 1949	800.000.000
En 1950	800.000.000
En 1951	912.000.000
En 1952	112.000.000
y cada año sucesivo, hasta 1970	112.000.000

Hay que tener en cuenta que el cambio de 11 pesetas el dólar es absolutamente ficticio; en realidad, las cifras que hay que invertir en moneda extranjera ascenderían a más del doble.

La realización del plan propuesto, que habría de concentrarse en las líneas fundamentales, representa un esfuerzo económico e

Núm. de orden	NOMBRE DE LA LINEA	Longitud km.	Presupuestos Millones		Cantidades por invertir Millones				Falta por invertir totales millones
			Total	Invertido	Infra. A	Supr.ª B	Conson. C	Expron. D	
1	Circunvalación-Madrid	66	363	77,4	160,0	112,0	0,577	13,	285,577
2	Madrid-Burgos	276	507	165,1	111,7	227,9	1,2	11,	341,900
3	Ferrol-Gijón	323	391	120,3	146,0	122,2	2,5	0,	270,700
4	Zamora-La Coruña	453	898	478,4	251,7	167,0	0,8	0,	419,600
5	Jerez-Almargen	124	175	51,3	72,5	50,3	0,46	0,38	123,670
6	Totana a la Pinilla	20	69	62,5	0,41	6,03	0,06	0,	6,500
7	Puertollano-Marmolejo	119	205	20,8	146,6	36,0	1,5	0.104	184.204
8	Talavera-Villanueva	169	129	18,3	56,3	43,3	0,7	0,40	100,700
9	Zafra (E) a F. Portugal	107	93	39,8	34,3	16,4	0,13	2,401	53,231
10	Alicante-Alcoy	66	69	34,2	8,6	26,0	0,14	0,	37,740
11	Mazarrón-Cartagena	20	26	5,2	0,	20,7	0,10	0,	20,800
12	Cidad-Santander	63	304	9,1	216,6	25,	2,25	5,20	294,050
13	Baeza-Albacete	367	484	138,3	197,7	144,4	1,44	2,20	345,740
14	Albacete-Teruel	107	180	0	142,6	37,1	0,00	0.55	180,250
15	Teruel-Alcañiz	163	180	67,1	74,3	58,0	0.25	0,30	132,850
16	Alcañiz-Lérida	113	150	1,2	120,0	25,0	2,13	1,19	148,800
17	Lérida a Pobla de Segur St. Girons	87	107	67,5	15,7	22,4	0,90	0,50	39,500
18	Val de Zafrán a la Rápita	125	154	71,1	33,6	39,8	1,00	2,50	76,900
	TOTALES	2.768	4.474	1.427,6	1.788,61	1.179,53	16,137	39,725	3.062,712

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

industrial de gran importancia que habría de absorber, por el carácter preferente que la inversión tiene, parte importante de nuestras posibilidades económicas e industriales.

Los ferrocarriles en construcción.—Mientras la red actual española se encuentra en el estado que acabamos de ver, dentro del marco ferroviario español, existe el problema de los ferrocarriles en construcción. Son éstos los que a continuación se indican, con expresión de sus longitules y los volúmenes de obra hecha y la que queda por realizar:

De estos ferrocarriles hay algunos que son realmente variantes de líneas fundamentales hoy existentes: los de Madrid-Burgos y Zamora-Coruña; el de circunvalación de Madrid es en realidad un acondicionamiento del nudo ferroviario que constituye la capital de España; el resto son de nuevo trazado, para servir zonas hoy indotadas y que se consideran de interés.

De los 2.768 kms., longitud a que asciende en total lo proyectado, con un presupuesto de 4.474 millones de pesetas, hay invertidos 1.427.6 millones; quedan, por tanto, 3.049 millones de pesetas que invertir. Hay que tener en cuenta que los presupuestos formulados no están al día en precios y que, por tanto, la cantidad total de que se ha de invertir será bastante superior a la indicada; probablemente más del doble. Faltan, además, el material móvil y todos los elementos accesorios, con un montante total muy elevado. La mayor parte de estos ferrocarriles se iniciaron durante la época del Gobierno del General Primo de Rivera; llevan en ejecución *más de 20 años*; si, a los costes reales de los mismos, se añade el valor de los intereses intercalarios de las cantidades invertidas, el presupuesto real ascendería a una cifra importantísima y desproporcionada a la utilidad.

En la forma en que estas obras se están llevando a cabo, se precisarán, por lo menos, otros 20 años para que se vean convertidas en realidad; hay que tener en cuenta que solamente de carril nuevo de 45 kgs. se precisan para terminar las obras de referencias unas 30.000 toneladas, ¡cuando la red actual se encuentra falta de él en líneas vitales para la economía nacional! No queremos entrar al detalle de discutir las ventajas que estos ferrocarriles presentarían; suponemos que fueran extraordinarias; pero frente a ellas se nos presenta inexorable la realidad de que en muchos años el material de vía y parque móvil preciso para poner en funcionamiento los nuevos ferrocarriles, es imprescindible para que se pueda circular en condiciones de eficacia y economía por la red actual. Y si las obras han de estar sin terminarse durante años y años, deteriorándose por falta de conservación y cargando el importe de los intereses de lo ejecutado sobre la Hacienda Pública, bien vale la pena de estudiar a fondo y sensatamente el problema, y, con decisión, prescindir definitivamente de la mayor parte de los ferrocarriles del plan y realizar un estudio para el inmediato aprovechamiento de las obras de explanación con otros fines, probablemente el establecimiento de carreteras, que rápidamente podrían poner en explotación las zonas afectadas.

El problemas de las carreteras.—Cuenta España con una red de carreteras de 119.990 kilómetros, de la cual 70.260 son con cargo al Estado, y el resto, a las entidades locales, Diputaciones y Ayuntamientos. En conjunto, la red de carreteras de tráfico general es suficiente para las necesidades nacionales; la construcción de nuevos trazados, propiamente dichos, debe limitarse, como regla general, a los caminos vecinales, de importancia trascendental para el desarrollo económico de la Nación, especialmente en un país, fundamentalmente agrícola, como el nuestro. Unas cifras comparativas darán idea de la situación de España en relación con otros países. La red alemana asciende a 53.019 kilómetros de caminos de interés nacional y 129.940 de menor importancia; Italia tiene una red estatal de 20.687 kms., una provincial de 40.429 kms. y una red de caminos vecinales aproximada a 100.000 kms.; Inglaterra y el País de Gales tienen 41.750 kms. de carreteras nacionales y 221.000 kms. de vías de interés local; la red portuguesa tiene 14.000 kms. de carreteras con cargo al Estado.

Del conjunto de la red española hay 21.960 kms. con riego superficial, 4.420 con riego profundo, 1.699 con adoquinado y hormigones hidráulicos y el resto con «macadam» ordinario. Las carreteras eje, de la red española, que en su día constituyeron el Circuito Nacional de Firmes Especiales, tienen un trazado aceptable para cumplir su fin de arterias fundamentales de la circulación por carretera; es preciso hacer una serie de variantes que fundamentalmente son, por orden de urgencia:

a) Arreglos para dar la visibilidad precisa en las curvas horizontales y verticales.

b) Supresión de pasos a nivel.

c) Supresión de travesías por los pueblos.

d) Reducción de pendientes excesivas.

Por otra parte, y donde sea posible, se debe, a nuestro juicio, ir aumentando el ancho de la zona de firme hasta alcanzar, especialmente en los alrededores de las grandes poblaciones, el de 14.50 mts. de calzada que permita llegar a 4 circulaciones y una faja central de 0,50 mts. de separación de los dos sentidos de marcha: es preciso dejar, también, donde económicamente sea realizable, paseos de 3 metros de ancho, con objeto de evitar el peligro que para la circulación representa que existan vehículos parados en la calzada; pero ello sería preciso la *prohibición terminante* de que se edifique a menos de 10,50 metros de los ejes de las carreteras nacionales, es decir, que se convirtiese en prohibición, lo que hoy puede hacerse sólo con autorización de la Jefatura.

Además, poco a poco, debería irse convirtiendo en realidad, con las expropiaciones precisas y en las carreteras nacionales que se declarasen fundamentales, la aspiración de que el ancho de la explanación alcance el mínimo de 21 metros. Se debe estudiar una legislación especial para determinar lo que los americanos denominan el «derecho del camino», puntualizando muy detalladamente las servidumbres a que han de estar sometidas las propiedades colindantes con la carretera, para hacer posible en el futuro las ampliaciones necesarias y lograr, no solamente seguridad precisa para el tráfico, sino también conservar la estética del camino.

Problema económicamente más importante que la mejora y acondicionamiento del trazado de la red principal es el de construcción y conservación de los firmes de la red; problema grave y urgente, pues, por las circunstancias exteriores, los firmes de la red española han estado abandonados prácticamente desde 1930. El Ministerio de Obras Públicas tiene aprobado y en tramita-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ción, para ser sometido a las Cortes, un proyecto de arreglo de 11.000 Kms. de carreteras principales, cuyo presupuesto asciente a 2.500 millones de pesetas; la red, cuyo arreglo se propone, es aproximadamente el 10 % del total y en ella se recogerá del 80 al 90 % del tráfico del conjunto de la red. La importancia que tendría la realización de este proyecto es evidente; la mejora del firme y del trazado representa, en los gastos de explotación de la carretera, una economía del 20 al 30 %: el examen de las cifras del transporte por carretera, pone claramente en manifiesto la importancia económica del problema. La mejora proyectada, podría llevarse a cabo rápidamente; probablemente en un plazo de 4 ó 5 años, si se cuenta con los fondos necesarios y se permite discreta importación de la maquinaria moderna imprescindible, cuyo importe total no creemos exceda de los 100 millones de pesetas, unos 4 millones de dólares. Los productos precisos para el plan proyectado, serían todos de producción nacional; el asfalto, principal dificultad hasta el momento por la seguridad de importarlo, puede ser proporcionado de las destilerías de Santa Cruz de Tenerife y de Cartagena; el cemento preciso, debería obtenerse de la industria nacional.

Paralelamente a esta mejora imprescindible de la red principal, sería necesario poner transitables las carreteras secundarias y construir los caminos vecinales y rurales precisos, para lograr la comunicación de todos los pueblos de España y hacer posible la explotación eficaz de nuestro suelo. Esta política del camino modesto la consideramos, ya lo hemos dicho, de importancia trascendental.

Los vehículos de motor mecánico.—Las circunstancias de la guerra española, primero, y de la mundial, inmediatamente después, han sido causas de que disminuyese rápidamente el parque de vehículos con motor mecánico en España, y hoy nuestro país ocupa lugar atrasadísimo dentro de la cifra índice de habitantes por vehículo que se encuentra a continuación:

Estados Unidos	3,5
Canadá	6,6
Australia	7
Gran Bretaña	18
Francia	24
Suecia	26
Dinamarca	26
Luxemburgo	28
Noruega	29
Bélgica	30
Suiza	32
Argentina	44
U. R. S. S.	70
Italia	107
Portugal	113
Alemania	133
Brasil	149
ESPAÑA	215
Turquía	1.280
India	1.652
China	8.732

La posición de nuestro país puede decirse es la última, dentro de las naciones civilizadas.

El número de vehículos de motor mecánicos matriculados en España desde el año 1927 ha sido el siguiente:

AÑO	Número de vehículos	AÑO	Número de vehículos
1927	28.277	1940	9.812
1928	34.731	1941	6.744
1929	37.335	1942	7.305
1930	25.209	1943	7.334
1931	13.796	1944	4.853
1932	11.105	1945	4.101
1933	17.368	1946	6.979
1934	22.571	1947	6.835
1935	26.064	1948	13.861
		1949	10.362

Si se tiene en cuenta que en el período de nuestra guerra, entre 1936 y 1939, no entraron coches y que, por el contrario, se destrozó enormemente el parque existente, tenemos una explicación bien clara del estado de cosas existentes.

Por otra parte, el inusitado aumento del precio de los vehículos por los exorbitantes derechos que pesan las importaciones, de la gasolina (0,51 ptas. litro en 1929 al actual de 4,25 pesetas, aparte del encarecimiento que la restricción supone), son causa del colapso actual del transporte por carretera.

La cifra de 1.836 millones de toneladas-kilómetro transportados en 1930, que desciende en 1948 a 1.350 millones, da una idea bien clara de la importancia económica del problema y pone de manifiesto la equivocación, en política económica, que supone restringir más allá del límite de lo estrictamente imprescindible el uso de los medios del transportes por carretera, que no son lujo, como muchos creen, sino necesidad ineludible de la economía nacional.

La normalización del transporte terrestre.—Es indudable que el sentido económico más elemental debe exigir que, cuando menos, volvamos a las cifras de circulación del transporte terrestre de 1930; y decimos cuando menos, porque lo deseable hubiese sido que se hubieran superado, para marchar al unísono con el progreso de la economía nacional.

Desgraciadamente, la solución del problema ferroviario español exige un enorme esfuerzo económico y, además, un plazo largo para poder colocar nuestras líneas al nivel que fuera deseable, y hay que no perder de vista que, excepto en las líneas en las cuales el tráfico es típico del ferrocarril, grandes masas de mercancías, de precio reducido a largas distancias, el camión de gran tonelaje con remolque compite con ventaja; es una realidad inexorable, a la cual no es lógico volver la espalda, máxime cuando en España nos vemos actualmente en el trance de enfrentarnos con el enorme esfuerzo económico e industrial que representa la puesta al día de nuestra red ferroviaria. Unas cifras nos darán clara idea de cómo está planteado el problema.

Camión de «gas-oil» con un remolque.

Potencia, 50 C. V.—Capacidad de carga, 30 tons.

Precio del conjunto, 400.000 ptas.

Plazo de amortización = 5 años; cuota de interés y amortización 4 % = 0,2246; importe = 89.840 ptas.; kilómetros que puede recorrer al año 60.000; amortización por kilómetro = 1,497 pesetas.

Amortización por ton-km. con el 70 % de aprovechamiento = = 0,07128 ptas.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Gastos fijos anuales:

1 conductor	18.000
1 ayudante	10.000
Garaje	3.000
Reparaciones, gomas, etc. ...	40.000
	70.000

Por Km. = 1,19 ptas.; por ton-km. (0,70 aprovechamiento) = = 0,0677.

Gastos por 100 kms. (Explotación):

«Gas-oil», 25 lts. a 2,25	56,25
Aceite...	5,63
	61,88

Por Km. = 0,6188; por ton-km. (coef. aprovechamiento 0,70) = = 0,2946.

Coste total

Amortización	0,07128 ptas.
Impuestos, etc.	0,05000 »
Gastos fijos	0,05670 »
Gastos de explotación	0,29460 »
TOTAL GASTOS	0,47258 ptas.
Beneficio (0,20 × 400.000) = = 80.000 ptas., que en 60.000 kmts. da por km. ...	0,06840 ptas.
	0,54098 ptas. la ton.-km.

Este precio, con un beneficio tan considerable como el 24 % al capital, puede ser para gran número de mercancías, especialmente cuando la distancia no es grande, una serie amenaza para el ferrocarril.

A nuestro juicio, hay que estudiar sin pasión, serenamente, con la vista puesta sólo en el beneficio de la economía nacional, las líneas de ferrocarriles existentes con cargo al Estado y ver cuáles son más fundamentales para la economía del país; en ellas hay que concentrar todo el esfuerzo y la máxima protección, dando todo cuanto sea preciso para hacerlas, a ser posible, rentables, y si este propósito no fuese realizable, cuando menos que sean eficaces para la tarea que precisa realizar; que su capacidad y el coste del transporte responda a lo que pide la economía. En las que no cumplan estas condiciones, no deben hacerse inversiones inútiles, y, llegado el caso, puede ser incluso preciso llegar a levantarlas. Este criterio, que seguramente asustará a muchos, es el único realista y el que impera en otros países, que tienen planteado análogo problema. Lo que no es posible es mantener, sin razonarla plenamente, una política llamada de «coordinación» con ciertas líneas de ferrocarril... cuando no están en condiciones de absorber, ni pueden estarlo en mucho tiempo, el tráfico que la economía exige; ni desde el punto de vista nacional, es lógico recargar el coste de la tonelada-kilómetro para proteger una línea deficitaria, cuando no existen razones poderosísimas y plenamente justificadas para hacerlo así.

El que suscribe este trabajo, tuvo ocasión de intervenir, como perito, en el rescate de las líneas de vía ancha que forman la RENFE, con excepción de los FF. CC. del Norte y M. Z. A., y pudo comprobar por los balances, la situación económica lamentable de gran número de las antiguas Compañías; situación que se ha agravado en el momento actual, por la carestía de la vida. Si se dejase una relativa libertad para la importación de camiones y hubiese facilidad para el aprovisionamiento de combustible, el déficit del ferrocarril aumentaría considerablemente, si se mantiene el actual estado de cosas, porque no podría resistir la competencia de la carretera: y ante esta situación real —hemos de examinar las cosas como son, no como querríamos que fuesen—, no cabe más que uno de dos caminos si se quiere mantener el ferrocarril en la forma presente; o gravar la economía nacional, prohibiendo el transporte por el medio más barato, o aumentar los impuestos para enjugar el déficit cada día creciente de la red ferroviaria.

En cuanto se refiere a los ferrocarriles en construcción, solamente muy pocas nuevas líneas, aquéllas que representan una economía real para la red actual, puede ser lógico continuarlas; el resto se deben abandonar o dedicarlas a otros fines.

Para hacer frente rápidamente al problema del transporte, no hay otro camino que intensificar con tacto el transporte por carretera; adquiriendo los camiones necesarios y procurando dar el máximo de facilidades para el suministro de carburante industrial, «gas-oil». Para recuperar 1.996 millones de toneladas-kilómetro, que faltan para alcanzar la cifra de 1930, se precisarían 3.500 camiones de 10 toneladas, con un recorrido de 5.000 kilómetros mensuales; la adquisición de estos vehículos a $ 5.500, representaría $ 19.250.000; hay que tener en cuenta, que estos gastos serían un desembolso de divisas, pero no una partida del presupuesto, ya que los vehículos podrían adquirirlos los particulares. Es posible, fuese conveniente estudiar la posibilidad de que una parte, al menos de estos camiones, fuese adquirida con ciertas preferencias por una empresa filial de la RENFE; no habría que importar de una vez el número total de vehículos, sino hacerlo a medida que las necesidades del tráfico lo exigiese; para ello, contando con el crédito en dólares, y fijando los tipos de vehículos —10 toneladas y motor de «gas-oil»— no habría más que ir dando los permisos de importación hasta la cifra señalada.

El arreglo de las carreteras fundamentales debería llevarse a cabo paralelamente, de acuerdo con el plan formulado por el Ministerio de Obras Públicas.

Excusamos decir que sería imprescindible una rectificación de la política de suministro de combustibles líquidos, sin lo cual todo cuanto se haga resulta inútil; no es posible que el Estado convierta en uno de sus ingresos más saneados, el suministro del combustible preciso para el transporte, elemento vital de la economía nacional; ni es posible tampoco un régimen de restricción que no es tal, pues *obliga a un consumo mínimo*; y en cuanto al máximo... no hay la menor dificultad en la práctica; solamente es cuestión de precio. Un estudio sereno del problema, en el cual se mida el enorme encarecimiento del coste de la vida que significa el sistema seguido, dará, indudablemente, una norma bien distinta de la actual.

Régimen administrativo.—La eficacia de la solución depende, en parte muy importante, del régimen administrativo que la implante y lleve a cabo; nada se consigue, con un maravilloso plan, si su ejecución se pone en manos de un organismo complicado y burocrático, forzosamente, lento.

En relación con los ferrocarriles, creemos sinceramente que se

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

dió un grave paso en falso con el establecimiento del régimen actual; a las dificultades que ya tenían las antiguas Compañías, se añadieron todas las inherentes a un régimen estatal puro, al crear con este carácter un inmenso tinglado donde falta, forzosamente, el ímpetu, la eficacia y la inquietud del régimen de empresa privada; cuando, precisamente para enfrentarse con las enormes dificultades del problema hacía falta lo contrario. No estamos capacitados para dar concretamente una solución que encauce el actual estado de cosas en este aspecto, pero no podemos menos de sugerir la ineludible necesidad de estudiar este aspecto del problema con toda ecuanimidad y con la resolución firme de llegar a una solución, aunque para ello sean imprescindibles cambios de importancia.

En cuanto a las carreteras, es también necesario un cambio profundo, en el régimen administrativo; se precisa un organismo autónomo, dependiente del Ministerio de Obras Públicas, pero con su caja independiente, nutrida con los ingresos que la red de carreteras proporciona. Se dice frecuentemente, con ligereza, que las carreteras *cuestan al Estado*: que el transporte automóvil, al contrario de lo que ocurre con el ferroviario, *usa sin pagar más que una pequeñísima parte*, de las carreteras que el Estado construye y conserva, con cargo a todos los contribuyentes. Frente a eso, nos permitimos afirmar rotundamente, que el transporte por carretera es uno de los servicios que más ingresos proporcionan al Estado: cífrese la diferencia entre el coste de la gasolina y lubricantes, y su precio de venta, los impuestos de transporte, los que pesan sobre la importación de vehículos y neumáticos, etc..., y veremos cuánto excede su suma de la cantidad que anualmente el Estado dedica a este servicio, hoy deficientísimo.

El servicio de la carretera exige, además, una eficacia de la que hoy se carece: reparar a tiempo un firme de «macadam» en una carretera de 9 metros de ancho, puede costar una cifra del orden de las 40.000 pesetas el kilómetro: si el plazo se pasa, si, por esperar a los imprescindibles trámites que la organización administrativa impone, la reparación tarda unos meses, el coste puede alcanzar una cifra del orden de las 120 000 pesetas, el triple de la anterior: y además, durante ese plazo, la carretera en mal estado, habrá producido al tráfico enormes molestias y habrá costado a la economía sumas de importancia. Hemos de hacer resaltar la trascendencia económica que tiene la existencia de unas buenas carreteras: la economía que el tráfico obtiene en la explotación es muy importante: experimentos ingleses y norteamericanos la hacen llegar a cifras del 30 al 40 %; recientemente, uno de los transportistas españoles de mayor importancia, el Sr. Campos, da las siguientes cifras:

Carretera mala, vehículo 100 kmts.	1.150 ptas.
Carretera mediana, vehículo 100 kmts.	900 »
Carretera regular, vehículo 100 kmts.	750 »
Carretera buena, vehículo 100 kmts.	600 »

aún superiores a las extranjeras.

Con un valor del transporte por carretera, viajeros y mercancías, del orden de los 5.000 millones de pesetas al año, la economía que puede obtenerse con una red en buen estado, puede alcanzar cifras del orden de los 1.500 a los 2.000 millones de pesetas anuales.

La organización, tipo autónomo, con ingresos propios y eficacia indudable, tiene en nosotros una vieja y feliz tradición, el Circuito Nacional de Firmes Especiales; es la que impera en Estados Unidos, cuyas carreteras son un magnífico modelo, en Inglaterra, Italia, Argentina y Portugal, país este último que ha realizado un soberbio esfuerzo y que tiene hoy una red de caminos, que admite la comparación con los mejores del mundo.

De todo lo expuesto en las páginas anteriores, deducimos las siguientes

CONCLUSIONES

1.º El problema del transporte terrestre en España es, indudablemente, uno de los más graves que tiene planteado nuestra economía. En una ordenación lógica de los recursos presupuestarios, hay que dedicar al mismo atención preferente.

2.º No es lógico, dentro del marco de la economía nacional, hablar de las viejas fórmulas de «coordinación» del transporte por ferrocarril y carretera; con una visión conjunta del problema del transporte terreste, es preciso ir a lograr el menor precio de la tonelada-kilómetro y la mayor eficacia en el transporte.

3.º El sistema ferroviario español precisa profunda mejora de sus instalaciones y material, si su explotación ha de rendir el servicio que la economía exige y no ha de ser una pesada carga para el presupuesto de la nación.

4.º La necesidad de hacer compatibles las obras de mejora ferroviaria, con el servicio normal, el esfuerzo industrial que exige y la cuantía de las inversiones, son circunstancia todas que imponen, forzosamente, un ritmo más lento que el deseable. Es necesario que un plan general permita concertar todos los esfuerzos en aquellas líneas fundamentales para lograr en ellas el máximo rendimiento.

5.º Es preciso en un estudio detallado del rendimiento y razón de ser de las diferentes líneas, deducir, si hay alguna, que deba ser abandonada. No es posible restar recursos a las líneas fundamentales, por el afán de mantener otras que no estén justificadas.

6.º Es preciso reducir a un mínimo el plan de los ferrocarriles en construcción. Es absurdo que haya obras que llevan en ejecución más de veinte años, y que al ritmo actual han de tardar aún otro tanto en entrar en explotación; es un gasto inexplicable cuando la red actual española demanda con angustia y urgencia mejoras imprescindibles.

7.º La mejora de la red de carreteras, según el plan formulado por el Ministerio de Obras Públicas, y la importación de un cierto número de camiones de gran tonelaje y aceite pesado, permitiría cubrir rápidamente la deficiencia hoy existente en nuestro sistema de transporte terrestre, mientras se realiza la mejora del ferrocarril.

8. Para que la solución propuesta en la cláusula anterior tuviese la eficacia, sería necesaria una rectificación en la política del suministro de carburantes, suprimiendo la restricción en la forma actual, que, por una parte, comete el absurdo de imponer un consumo mínimo y, por otra, da para los servicios de transporte cupos insuficientes.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

9.º Es muy difícil, con el régimen establecido para la RENFE en su ley de creación, llegar a la eficacia que la complejidad del problema exige. Es imprescindible un estudio a fondo de las diferentes soluciones, para ver la posibilidad de acercarse más a una estructura que permita una eficacia mayor.

10. Es deseable un régimen autónomo para la administración de carreteras, que cuente con sus ingresos propios procedentes directamente de los usuarios.

Madrid, 12 de mayo de 1950.

Después de esta lectura interviene en la discusión D. Juan Campos, quien indica existe ya un plan en el Consejo de Ferrocarriles sobre clasificación de líneas en proyecto o en construcción, con criterio semejante al sostenido por el Sr. Escario.

El Sr. Lamana manifiesta que las obras de ferrocarriles en construcción no deben retrasarse, sino, al contrario, deben impulsarse para obtener de ellas rentabilidad inmediata, puesto que la larga duración de muchas de estas obras trae como consecuencia encarecimiento notable del coste de las mismas

Se comenta, tanto por el autor del trabajo como por el Sr. Lamana, que debe impulsarse el sistema de la construcción de las líneas férreas que representen interés positivo.

El Sr. Angulo interviene para proponer que una de las conclusiones del Congreso sea la de orientar todos los servicios de transportes hacia una mayor facilidad para el usuario, eliminando o suprimiendo las trabas que actualmente encuentran el viajero o el propietario de mercancías. Entiende debe darse mayor agilidad a las empresas de transporte y manifiesta no debe supeditarse a principios estatales ninguna modalidad del transporte, cuando ésta resulta insuficiente, con perjuicio notorio para los posibles usuarios.

Toma la palabra D. Luis Liró para pedir que se dispongan los medios de transporte de los productos agrícolas, de acuerdo con las necesidades de los propietarios de las mercancías. Las previsiones son fáciles de materializar, dice, mediante un estudio de la producción de las mismas.

El Sr. Barceló (D. Juan) contesta al Sr. Escario, indicando que las mejoras en las redes ferroviarias y carreteras apuntadas por él, suponen un desembolso nacional de gran importancia, que hace temer supere las disponibilidades del Erario Público.

El Sr. Sánchez Pérez indica, igualmente, que en las importantes adquisiciones que actualmente realiza la "RENFE" en el extranjero, se preocupa de reducir en cuanto puede tal importación, con el fin de que la industria nacional puede aportar su cooperación máxima posible.

Con la conformidad de todos los asistentes a esta Sección, se aprueba la propuesta del Sr. Escario en el sentido de mejorar las líneas ferroviarias, que verdaderamente sean interesantes, así como la red de carreteras, poniéndolas en consonancia con las necesidades nacionales, y se destaca que esta mejora no afectará solamente a las principales arterias, sino, de modo muy intenso, a los pequeños caminos de servicio local, ya que todos ellos son de importancia decisiva para el desenvolvimiento económico de la Nación.

Por no estar presentes los autores de algunos trabajos, el Sr. Secretario da lectura a los resúmenes de ellos, los que íntegros se reproducen a continuación, núms. 8, 134 y 301.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 8.-Los transportes por carretera en la Zona del Protectorado

Autor: DELEGACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS DE MARRUECOS

LA ORDENACIÓN DEL TRANSPORTE POR CARRETERA

Antes de que España ejerciera su acción tutelar y civilizadora en Marruecos, el trasiego de las personas y de las cosas se realizaba allí por estrechas sendas, que constituían el único y rudimentario sistema de intercomunicación.

La anarquía existente en Marruecos hizo necesario que las armas sentaran primero el principio de autoridad y disciplina, base necesaria para emprender, después, la obra de valorización. La acción militar ni fué fácil ni pudo ser rápida.

La naturaleza del país y las precarias comunicaciones existentes obligaron al uso exclusivo del transporte a lomo en las primeras operaciones militares, pero bien pronto fueron convirtiéndose en caminos carreteros los ejes principales de comunicación.

El aprovisionamiento automóvil exigió la mejora de firmes y trazados, pero la rapidez de ejecución que requieren las operaciones militares y los puntos forzados de paso que demanda la ocupación del terreno, obligaron a trazados adaptados, de un lado a las inflexiones del terreno, y de otro, a servir puestos dominantes del mismo.

En cambio, en las zonas que iban quedando pacificadas, iniciábase la construcción de carreteras comerciales, de las características propias de la obra civil.

Cuando terminada la campaña de Marruecos, en 1927, llegó el momento de intensificar nuestra acción civilizadora, era natural que se concediese a las carreteras capital importancia, y así fué como de 1928 a 1930 se realizó amplio programa de acondicionamiento de carreteras, existentes y de construcción de otras nuevas, a cargo de los servicios de Obras Públicas.

Se puede considerar cerrada esta primera época del transporte con la publicación en 1929 del Reglamento de Circulación, base de la legislación en materia de transporte y primera piedra en la regulación de esta actividad, que crea y sostiene toda vida económica.

* * *

Durante algo más de una decena de años, el transporte se desarrolla sin incidentes, dentro de un régimen de plena libertad y competencia, al amparo de una situación de abundancia.

Poco a poco nacen las diversas empresas del transporte de viajeros, sin limitaciones y sin coordinación ni disciplina, tal como se entiende hoy. Previa solicitud y comprobación de las condiciones de los vehículos, cualquier persona o empresa podía dedicarse al transporte, incluso las remuneraciones del servicio quedaban a voluntad de los empresarios, de acuerdo con las exigencias y necesidad del tráfico.

Paralelamente, y en idénticas condiciones, se desarrolla el transporte de mercancías, esencial para la vida de la zona ante la escasez de vías férreas que sirvan los centros consumidores.

Esa competencia desorganizada fué perjudicial para muchos transportistas y una sangría innecesaria para el Estado, como se demostró más tarde al conseguir con una racionalización de este servicio público el mismo beneficio para el usuario, sin el despilfarro de divisas, que para una economía significan las importaciones no debidamente aprovechadas.

Las circunstancias creadas por la guerra determinaron la necesidad de cambiar la política seguida en los transportes carreteros y la intervención directa y apreciable del Estado se inicia con la publicación en octubre de 1941 de una ordenanza de S. E. el Alto Comisario, que establece normas restrictivas que limitan en principio la creación de nuevas líneas y la circulación en carreteras paralelas a ferrocarriles, insta al uso del gasógeno y dicta normas encaminadas a restringir la circulación con miras al ahorro de neumáticos, previendo la agudización de los suministros que más tarde había de presentarse.

Sin embargo, hasta pasado un año la intervención del Estado en los transportes carreteros no fué todo lo efectiva que las circunstancias requerían.

La publicación del Reglamento de Transportes colectivos de viajeros y servicios públicos de mercancías por carretera es el punto de partida de la Ordenación, cuya perfección se retrasa por falta de organismo adecuado, lo que motivó la creación de la Junta Directiva de Transportes por Carretera, que acordó la expendición de las actuales licencias, preconizadas por aquel Reglamento. Esta labor fué lenta y penosa, por las dificultades para establecer y reconocer los derechos de las empresas explotadoras hasta entonces.

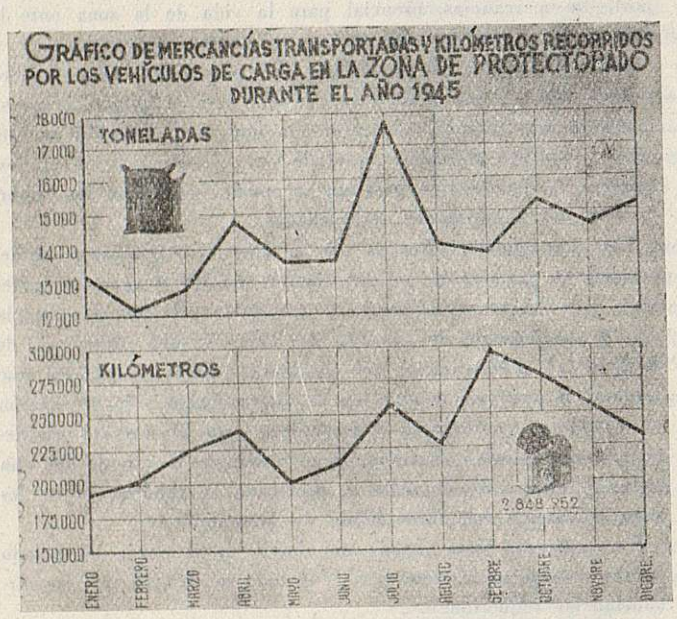
Pero el buen éxito coronó, una vez más, los entusiastas esfuerzos de la organización y desde ese momento puede decirse que la Ordenación del Transporte es un hecho.

Etapas sucesivas dan lugar a la implantación del Seguro Obligatorio de Viajeros y de daños a terceros con carácter obligatorio este último, incluso para los vehículos que se mueven dentro de la órbita privada, la creación de turnos y, finalmente, la

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

promulgación de un nuevo Reglamento de Circulación y Transportes por Carretera, que recoge los perfeccionamientos técnicos de estos últimos años; todo lo cual permite mantener un servicio que dentro de las dificultades materiales de suministro de neumáticos y carburantes y gracias a su aprovechamiento integral llena por completo las necesidades de la Zona, con la densidad de salidas y movimientos de viajeros y mercancías recogidos en los gráficos, que se unen a continuación.





Conviene advertir que estas cifras se encuentran reducidas en la actualidad a causa de las limitaciones de cupos de neumáticos y de carburantes. Por otra parte, existe el problema —que también es sustraendo en la resta implacable de la estadística— de que el material rodante no es bueno; constituye su renovación una preocupación seria de los organismos competentes.

Hasta aquí la breve historia del transporte en nuestra Zona de Protectorado.

Como se ve, la Ordenación del Transporte vino impuesta como consecuencia de la situación creada por la contienda europea. Terminada ésta, y en vías del restablecimiento de la normalidad, en la industria y el comercio, mundial, surgen las siguientes preguntas:

1.ª ¿Hemos de volver al régimen liberal, consistente en que la iniciativa privada establezca libremente las líneas con tarifa también libre?

2.ª ¿Ha de continuar la intervención estatal que impuso la guerra? ¿Se ha de extremar aún más la subordinación del transporte a los imperativos económicos del país?

3.ª ¿Conviene nacionalizar el transporte?

Algunos Estados de Europa se orientan hacia la tercera solución. Pero, aparte de desconocer el alcance del intento, la cosa se nos antoja extraordinariamente audaz en sí y en sus consecuencias sociales. ¿A dónde llega el Estado en su responsabilidad echando sobre sí las cargas de una explotación total?

Considérese la forma tan ramificada en que se desarrollan las actividades de transporte, con muchas líneas de rentabilidad prácticamente nula que permiten a duras penas su sostenimiento a base de que su propietario sea, además, conductor, mecánico, etcétera, y de que cuide el coche de una forma que nunca hará el asaliariado de una empresa poderosa y menos estatal. Claro que una vigilancia rigurosa quizá lo consiguiese, pero a un precio que no compensaría los beneficios logrados.

Nosotros tenemos que apartarnos totalmente de tal sistema, no sólo por su difícil aplicación, sino por algo más fundamental, como es la concepción social del Estado español, en pugna con cualquier solución atentatoria de la propiedad privada, mientras cumple sus fines económicos y sociales, puesto que ésta es postulado en nuestras doctrinas normativas. Es la segunda solución la que propugnamos, como más acorde con nuestra situación e idiosincrasia; es decir, contrastar y comprobar, ordenar y coordinar, y esto tiene la ventaja de que no es emprender un camino nuevo, es seguir y perfeccionar el actual, tanto su fondo como su forma, simplificando el fondo de esta cuestión apasionante que una serie de organismos y de burocracia complica más y más cada día.

Nuestra misión es hallar la solución en el viejo aforismo del virtuoso término medio: AUSENCIA DEL ESTADO EN LA EXPLOTACION, desde luego; pero sí absoluta fiscalización y dirección, mediante una rigurosa unificación de organismos y servicios estatales que garanticen un criterio uniforme y de burocracia mínima. En definitiva, como complemento, creación de una organización eficiente, autónoma y única, orientada como servicio que se sostiene a sí mismo. Sus atribuciones no han de ser meramente coordinativas o pasivas, sino que también han de ser activas, pues pasando por la cobertura de riesgos con el Seguro ha de llegar, en bien general del Estado, al establecimiento de estaciones de autobuses en todas las ciudades y lugares adecuados. En una palabra: absoluta verificación de la Dirección desde que el vehículo se pone en rendimiento hasta que termina su plazo de amortización.

En este estado, y a la vista de premisas tales, la actual Ordenación del transporte en Marruecos ha estudiado un proyecto de creación de la Red General de Transportes por Carretera.

* * *

En la dirección e inspección de los transportes por carretera en nuestra Zona intervienen hoy tres organismos: el Servicio de Ferrocarriles y Transportes por Carretera, con misión ordenadora y reguladora del tráfico; la Delegación de Economía, que entiende en lo concerniente a la distribución del carburante, y final-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

mente, los Sindicatos del Transporte, que colaboran en las dos funciones específicas señaladas anteriormente.

La intervención de tres organismos en una misma materia no está justificada: impide la unidad de criterio, es antieconómica y adolece de lentitud en el funcionamiento.

Pero en la estructuración de la Red General de Transportes por Carretera no sólo se busca mantener la intervención estatal unificándola, sino que se introduce una novedad que ha de producir inestimables beneficios a las empresas del transporte y a los viajeros. Se trata de la creación de la Comisaría del Seguro Obligatorio, en virtud de la cual desaparece la libre contratación entre empresa de transportes y empresa de seguros y se hace cargo el Estado de la función que hasta ahora vienen ejerciendo las compañías aseguradoras.

La desproporción que nos muestran las estadísticas entre las cantidades recaudadas en concepto de primas y las abonadas por indemnizaciones, de un lado, y de otro, la posibilidad de disponer de los beneficios permitirían actuar en forma que, reteniendo anualmente una cantidad prudencial para el pago de indemnizaciones, se destinen los sobrantes a obras en instalaciones, que acrecienten la seguridad y comodidad del viajero (Estaciones de Autobuses, Puestos de Socorro, de Aprovisionamiento, señalización, etc.), con lo que el importe de las primas cumplirá íntegramente su función, indemnizando el daño y evitándolo.

Refiriéndonos al programa de Estaciones de Autobuses, tiempo ha que se principió a sentir la necesidad de que los viajeros dispusiesen de estaciones apropiadas con los servicios complementarios precisos, donde al propio tiempo que se efectuasen los embarques y cargas en condiciones satisfactorias y cómodas, se facilitasen los enlaces entre las distintas líneas, al ubicar en un solo punto las cabeceras o pasos de los servicios, desapareciendo el espectáculo de las calles interrumpidas y ahogadas por un tráfico de autobuses innecesario y, algunas veces, hasta absurdo.

Pero poco se ha hecho en este sentido, principalmente por haberse encauzado la cuestión o la solución con carácter local, dejándola en manos de las Juntas Municipales, que vieron obstaculizados sus buenos deseos y entusiasmos por la falta de disponibilidades económicas.

Así, en la hora presente, sólo está en funcionamiento la estación de Villa Nador, cuya explotación financiera es favorable, gracias a determinadas disposiciones de carácter gubernativo, aunque hay que reconocer que ni éstas ni el edificio reúnen las condiciones técnicas deseables. Mas su reforma es aconsejable diferirla hasta el establecimiento de la Red, pues su puesta en vigor mermaría los ingresos en un 85 %, convirtiéndola en una pesada carga para la Junta Local.

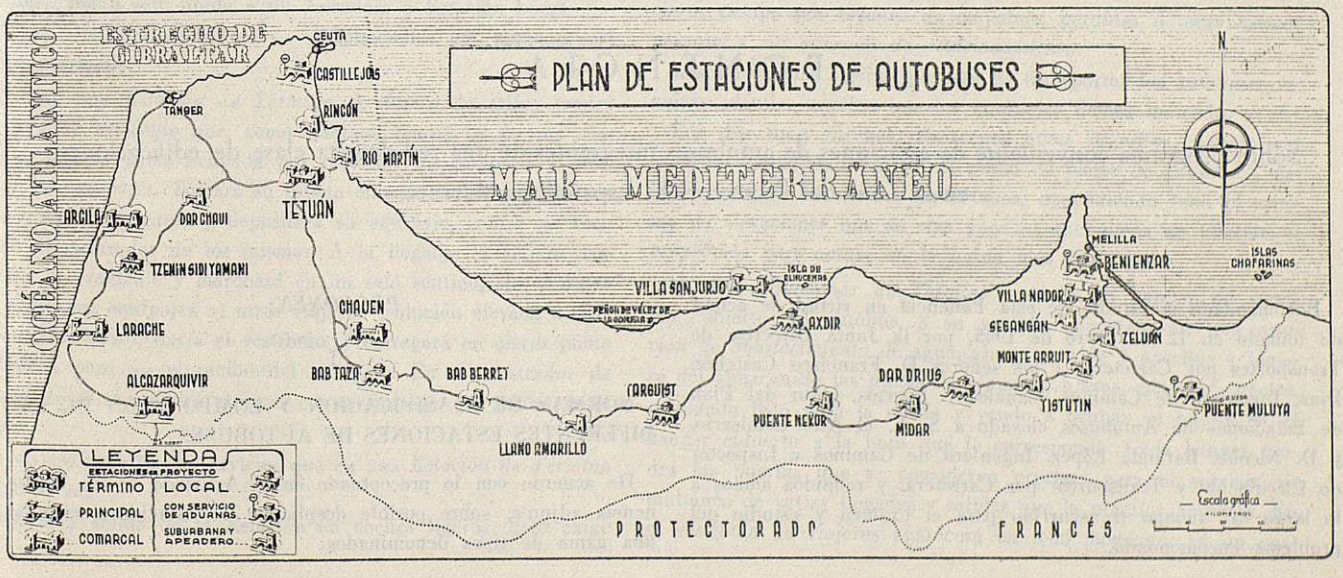
Estas consideraciones llevaron al ánimo de la Delegación de Obras Públicas y Comunicaciones el convencimiento de que las estaciones debían construirse con arreglo a un plan general, con recursos allegados por resortes estatales, y que es el ideal la constitución de un organismo autónomo que administrase directamente, con la natural intervención de las autoridades competentes, los fondos recaudados por actividades del transporte.

Este plan lo dividimos en dos etapas; en la primera la construcción de las estaciones, cuyos nombres omitimos por figurar en el plano adjunto; en la segunda, el establecimiento de los puestos intermedios de refugio y de socorro.

La clasificación se basa en la importancia de las estaciones desde el punto de vista de líneas en servicio y viajeros a que atienden. Todas las estaciones dispondrán de taquillas y despachos de empresa, vestíbulo de viajeros, servicios higiénicos, así como café-cantina y oficinas estatales (Correos, Policía, etc.).

Al aumentar la importancia de la estación, estos servicios van tomando mayor amplitud, y en la estación de término, clasificada como de mayor categoría en el proyecto, convertiremos la marquesina de otras estaciones en un hangar, y contará este tipo de estación con servicios de restaurante, cafetín marroquí, café-bar y salas de espera. No seguimos la enumeración porque estos ejemplos, sin cansar al lector, le darán una impresión clara de la gradación e importancia de los distintos tipos de estaciones.

Se estudiarán con la mayor exactitud posible los horarios probables en un plazo lejano, a fin de señalar para cada estación los puestos de autobús, a base de un estacionamiento mínimo de media hora, y para conseguir una circulación lo más separada posible de los tráficos internos. Se dedica especial atención a los servicios de carga y de descarga, de equipajes y expendi-



FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ciones de correo, que tendrá lugar a la altura de las bacas de los vehículos, aprovechando las marquesinas o puentes, situados dentro del hangar.

Engloba el proyecto servicios auxiliares, como puestos de carburante, estación de engrase y almacenillo de repuestos.

La ejecución de este plan, al cifrarse el anteproyecto en una primera etapa, dió un presupuesto de nueve millones y medio de pesetas para un plazo de ocho años de ejecución de las obras. Pero estas cifras, indudablemente, crecerán en tres millones de pesetas, como consecuencia del mejoramiento del plan al proyectar también refugios, puestos de socorro, etc., mientras que podrán disminuirse en dos años el período de ejecución, con motivo del establecimiento de la nueva Red de Transportes, organismo que descargará a los presupuestos estatales de los gastos de personal, material, alquileres, etc., de la explotación de estaciones y de la propia Red, por lo que su presupuesto de sostenimiento al lograrse la unificación de servicios bajará hasta unas 450.000 pesetas anuales.

Según entren en servicio las estaciones, habrá que ir destinando las cantidades necesarias a su sostenimiento y explotación, y en este hecho hemos de hacer observar que, si estas instalaciones se ajustan a la técnica moderna, el volumen de ingresos, por lo menos en Marruecos, no permite atender sus gastos normales de sostenimiento, salvo el caso de que elevásemos o se produjeran impuestos de peaje, de los que deseamos huir, para no caer en el actual defecto de la estación de Villa Nador. Así, pues, manteniendo los precios y salarios hoy existentes, el servicio total de estaciones tendrá un déficit aproximado anual de unas 600.000 pesetas, que gravarán, naturalmente, los recursos económicos de la Red General de Transportes, pero en modo alguno a los transportistas, al público o al Estado.

Intentamos demostrar que esta nueva organización no implica elevación alguna de los costos del transporte y sí solamente la percepción de un derecho por viajero-kilómetro de 0,0075 pesetas, que representan los ingresos totales de la Red General de Transportes, a través de su Caja Autónoma, y que, en demostración de tal aserto, la cantidad cifrada corresponde exactamente a lo que hoy se tributa por «Seguros de viajeros», que subsistente, naturalmente, pasa a ser un servicio dependiente del organismo rector del transporte, sin merma de los derechos y beneficios de que goza el accidentado.

En el futuro, la Red General de Transportes, terminada su adecuada organización y completa la Red de estaciones, no puede quedar al pairo en una actuación de continuidad, ya que en el marco del transporte las perspectivas que se entrevén son de mucha mayor amplitud y, por tanto, en su día, nos enfrentaremos con la organización y establecimiento de puestos para suministros de accesorios y carburantes en las líneas de recorrido largo, puestos sanitarios de socorro y refugios que respondan a la comodidad y seguridad del viajero.

En este mismo ámbito de otras concepciones, entra la posibilidad de realizar en el material automóvil de líneas de viajeros y mercancías en los servicios públicos una unificación de tipos y marcas adecuadas al terreno de la Zona española de Protectorado, que nos permita mayor seguridad y economía en la adquisición de los equipos de repuestos.

Otra aspiración es la Caja de Crédito del transportista, pues no podemos admitir en el transporte dirigido que el pequeño transportista resulte devorado por la potencia económica del capitalista del transporte o, en el más corriente de los casos, por la usura del prestamista que, resolviéndole la situación precaria del momento, hipoteca los bienes representados por el material hasta que, finalmente, lo destruye.

Estas son las orientaciones que, escuetamente explicadas, se desea realizar en nuestra Zona de Protectorado para lograr una Ordenación en asunto tan interesante como es el transporte carretero.

PONENCIA

Sobre programa conveniente de estaciones de autobuses integrantes de una red de esta clase de edificaciones, en la Zona del Protectorado Español en Marruecos

Encomendado el estudio de esta Ponencia en virtud de acuerdo tomado en 12 de enero de 1945, por la Junta Directiva de Transportes por Carretera, a los señores D. Francisco Castellón Díaz, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, autor del Plan de Estaciones de Autobuses elevado a S. E. el Alto Comisario, y D. Nicolás Baranda López, Ingeniero de Caminos e Inspector de Circulación y Transportes por Carretera, y reunidos ambos a lo largo del tiempo transcurrido para el examen y estudio del problema encomendado,

PROPONEN:

I

NORMAS DE CLASIFICACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LAS DIFERENTES ESTACIONES DE AUTOBUSES.

De acuerdo con lo preceptuado en el Apartado *e*), en la Ponencia adjunta, sobre posible despliegue de Estaciones, estudiar una gama de tipos denominados:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Estación de Término.
Estación Principal.
Estación Comarcal.
Estación Local.
Apeadero.
Estación con servicios de Aduanas.
Estación Suburbana.

Ahora bien, cada tipo no implica, precisamente, una estación siempre igual, puesto que, por adecuación al tráfico, cabe proyectar cuantas soluciones intermedias convengan. Es más, consideramos cada estación como un organismo en vida creciente, en el cual, partiendo de una base determinada que puede coincidir con lo que luego preceptuamos para cada tipo de estación o para otro intermedio, constantemente se irá mejorando y adoptando la estación para el servicio de ella, creciendo y ascendiendo de rango, a la vez que crezca el tráfico interurbano de la población.

Los programas que para cada tipo de estación se dan después no son preceptivos más que como mínimos. Su ampliación hasta el edificio de grado superior será siempre posible, pero, si ahora no se hace, es porque la consideramos aún innecesaria. Entre uno y otro límite, el proyectista se moverá con libertad de elegir lo que considere más adecuado al momento constructivo.

II. En virtud de lo antes expuesto, todo edificio debe ser proyectado con previstas ampliaciones, hasta el grado que en cincuenta años se prevea pueda alcanzar. Por ejemplo, estudiar un Apeadero para su posible ampliación a Estación de Término sería absurdo; por ello, creemos que deben ponerse las siguientes ampliaciones:

ESTACIÓN DE TÉRMINO.—Ampliaciones sucesivas de puestos de autobuses, de servicio automóvil, de recepción y entrega de equipajes, de taquillas y oficinas de empresa, de almacenes de llegada, salida y estacionamiento; de salas de espera, cantina y restaurante y de servicios sanitarios.

ESTACIÓN PRINCIPAL Y COMARCAL.—Posible ampliación a una de Término.

ESTACIÓN LOCAL.—Posible ampliación a una Principal.

APEADEROS.—Posible ampliación a una Local.

ESTACIÓN CON ADUANA.—Posible ampliación del servicio de Aduana, además de la posible ampliación a Estación Local o Principal, según esté unida a un Apeadero o Estación Local.

ESTACIÓN SUBURBANA. — Ampliaciones por aumento del tráfico previsible.

III. En una *Estación de Término* el *viajero* de salida tendrá acceso a un *vestíbulo* que, como mínimo, tendrá 50 metros cuadrados, incluso parte ocupada por *taquillas de empresas y mostrador de equipajes*. Tomará su billete en una de las taquillas de las oficinas de empresa y depositará su equipaje, contra un recibo, en el mostrador de los mismos. A la llegada, el viajero descenderá del vehículo y marchará en un solo sentido, sin cruzarse con vehículos, equipajes ni otros viajeros (solución elevada o subterránea, de paso), hacia el vestíbulo, y entregará en cierto punto su billete, pero no el recibo del equipaje. En el mostrador de entrega de éste recibirá el suyo contra entrega del recibo antes dicho.

El viajero necesita de servicios que en una *Estación de Término* se prevén así.

Llegada y salida de la Estación en coches ligeros. Esto exige la existencia frente a ella de un *patio de maniobra y espera*, de coches ligeros y autobuses urbanos o tranvías.

SERVICIOS DE PRENSA, TABACO Y TELÉFONO.—Con locales para ello, comunicados por el vestíbulo de viajeros antes descrito.

SERVICIOS DE TURISMO E INFORMACIÓN.—Con análoga comunicación.

SERVICIOS DE CAFÉ, RESTAURANTE Y CANTINA.—Por separado, para atender a la separación de clases, la Cantina deberá dar también servicio homólogo de un Cafetín moruno y es conveniente, pero no preceptivo, separar en un local anejo, éste para dar garantía al musulmán de que no hay contacto de su servicio con los alimentos y bebidas que le están prohibidas. Estos servicios de café, restaurante y cantina deben tener *accesos de servicio* (no de público) exteriores, cocina, despensa y W. C. privados de servicio, no de público.

SALA DE ESPERA DE PRIMERA Y DE SEGUNDA CLASE.—Con acceso fácil al vestíbulo y al hangar cubierto.

SERVICIOS SANITARIOS DE W. C., URINARIOS Y LAVABOS.—Por separado, de caballeros y señoras y, a su vez, por clases (1.ª y 2.ª), así como con W. C. y urinarios para europeos y musulmanes. Estos servicios tendrán fácil acceso al vestíbulo, hangar cubierto y sala de espera, pero dentro ya de la zona donde precisa tener el billete adquirido, para evitar sean servicios públicos de la calle y no de la estación.

IV. EN UNA ESTACIÓN DE TRÁFICO.—El *equipaje que* entra a mano con el viajero, es entregado después de sacar el billete, y con el del talón de equipaje, en el *mostrador de recepción de equipajes*; desde dicho mostrador, el equipaje, almacenado en unión de otros, pasa a un montacargas que se eleva al plano de la baca de los autobuses. En este plano se dispone de un *almacén de salida* capaz para agrupar los equipajes por autobús que vaya a salir con indicación de él y puesto en que forme a su salida. Una vez el autobús en puesto de carga se lleva el equipaje mediante red preparada de antemano y *grúa* que corre a lo largo y ancho del hangar, a la baca del vehículo.

A la llegada, la operación de descarga es a la inversa, también con *almacén alto* o bajo de *descarga*, desde donde pasa al mostrador de entrega.

Ciertas mercancías y equipajes que deban quedar estacionadas cierto tiempo por razones de empalme, pérdidas u otras causas, pasarán a un *almacén de estacionamiento*.

Las mercancías ligeras que han de transportar los autobuses seguirán idéntico camino que los equipajes hemos indicado.

Los dos tipos últimos, almacenes antes descritos, pueden ser ubicados indistintamente en el plano de bacas de autobuses, delantera baja o sótanos o semisótanos, dependiendo todo el sistema de elevaciones que se siga y en el que queda en libertad el proyectista para actuar en la forma más conveniente.

V. Las *Estaciones de Término* tendrán un hangar de servicio cubierto. El autobús, a su partida, repostará en una *estación de abastecimiento* de agua, aire a presión y gasolina y tomará del almacenillo las piezas de repuesto, grasas, etc., que precise, quedando listo para la salida y yendo a ocupar su puesto en el hangar cubierto a la hora que le corresponda. Cada hangar tendrá las puertas que se consideren precisas para el servicio simultáneo de varias llegadas y salidas que la práctica aconseje. En el vestíbulo de viajeros aparecerá en todo momento, en un cua-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

dro, el estado de vehículos en esos puestos y horas de entrada y salida de otros aún no bajo el hangar. Ya hemos descrito cómo carga el vehículo sus viajeros y equipajes.

A la llegada del vehículo irá directamente al puesto que se le haya designado o designe con un señalador gráfico y luminoso y descargará su personal y equipajes en la forma antedicha, e irá después a su garaje a reparar, repostar o repasar.

LOS GARAJES Y TALLERES DE REPARACIÓN Y REPASO. Deben tener espacios previstos, bien en las cercanías de la Estación de Autobuses, bien en las Bases de tráfico pesado por carretera, pero serán, probablemente, edificaciones de tipo de erección privado o, cuando menos, si los levanta el Estado, para alquilar a particulares. Siempre es conveniente en la Estación un *pequeño taller para reparaciones ligeras y de urgencia.*

VI. Para conocer los puestos de autobuses necesarios en cada hangar, recurrimos a los siguientes datos:

En la Estación de Tetuán hay 71 salidas y 71 entradas diarias, y en la de Tánger, 35 y 35. Deberíamos saber ahora qué entradas y salidas se suponen simultáneas y qué tiempo tarda en quedar libre un puesto de autobuses. Suponemos que, en tráfico normal, un autobús dispone de media hora de ocupación del puesto, que cabe reducir a un cuarto de hora en servicio intensivo; sólo con datos experimentales, inexistentes para nosotros, podríamos conocer tiempo mínimo real de ocupación de un puesto en trabajo intensivo por debajo del cuarto de hora antedicho, pero tenemos la impresión de que será alrededor de un cuarto de hora. Vamos, sin embargo, a operar con *media hora* de tiempo de estacionamiento de autobús en un puesto, para construir un hangar con elasticidad, ante intensificaciones del tráfico.

Como no conocemos las horas de superposición en tiempo de vehículos preparados para salir o llegando y como, aunque las conociésemos, ese régimen es el que precisamente ha de estudiar la dirección de la Estación para redactar un horario de transportes adecuado, tenemos que partir de hipótesis. Los viajes largos, de un extremo a otro de la Zona, tienen en horas extremas las de partida y llegada (madrugada y noche). Las de tipo medio (Tánger a Tetuán o Larache, Tetuán a Chauen, Ceuta a Tánger, etc.) suelen partir entre 7 y 9 de la mañana y regresar entre 7 y 10 de la noche, aunque en algunos casos se refuerza este servicio con otros de viajes intermedios. El tráfico interurbano hacia poblaciones y lugares cercanos se espacía a todo lo largo del día, desde las 7 u 8 de la mañana hasta las 9 ó 12 de la noche. Por lo tanto, el tráfico de partida y llegada tiene su mayor densidad entre las 5 y 9 de la mañana y 7 y 10 de la noche, o sea: en 7 u 8 horas. Aun cuando parte de esas 142 salidas y llegadas en Tetuán y 70 en Tánger se efectúan fuera de las horas antedichas, vamos a suponer que, por incrementos próximos del tráfico, esas salidas y entradas se efectuasen en 8 horas; cada puesto serviría para 16 salidas o entradas con media hora de estacionamiento cada una y, por tanto, precisaríanse 8,8, o sea, de 8 a 9 puestos en Tetuán y 4,5 puestos en Tánger; cifras que creemos deben señalar como mínimas en las Estaciones de Término antedichas.

El personal de servicio de autobuses y estaciones dispondrá de *sala de descanso*, con camaretas para los equipos de servicio de vehículo en viaje de ida y retorno, lo que les evitará así el gasto de una fonda, así como cuartos de aseo y W. C. Las comidas las harán, si les place, en las Cantinas, de modo análogo a como los ferroviarios las hacen en las Estaciones de Ferrocarril.

Se estudiarán muy bien las *vías de acceso*, entrada, salida y maniobra de autobuses a puestos de atraque y estación de abastecimiento, así como los gálibos de puertas, contando con un aumento del gálibo actual de los autobuses, a base de futuros con doble piso y baca.

VII. La Estación de Tetuán puede tener, además, puertas para un servicio intenso cercano (Río Martín, Rincón de Medik, Zocos, etc.), si se juzgan los antes mencionados insuficientes.

VIII. El *Servicio de Correos* tendrá su oficina con almacén dividido en llegadas y salidas, unido a los almacenes de carga, descarga y estacionamiento antedicho, pero con comunicaciones externas con las auto-ambulancias postales y urbanas.

XI. Una *Oficina de Dirección propia de la Estación* se ubicará en alto, en forma tal, que vigile el vestíbulo de viajeros, hangar y demás puntos importantes, y se la dotará de un sistema de información (teléfono, etc.) y señales apto para dirigir la Estación, enlazar con la red general e informarse de cuanto le interese (Centros sanitarios, Policía, etc.).

Las *Policías Gubernativa y de Tráfico* (propia de la Red de Transportes por Carretera) tendrán sus propias oficinas; la primera, dando a la sala para el servicio del público, y la segunda, enlazada muy bien con la oficina de la Dirección propia de la Estación.

X. Las *empresas de tráfico* dispondrán de *oficinas*, compuestas de un despacho y de su parte de *taquilla* para la venta de billetes. El servicio de equipajes, desde su entrega, puede ser colectivo, a cargo del personal de tráfico propio de la estación.

Damos a continuación número de oficinas para empresas de transportes de viajeros precisas por estación, actualmente y previsible en plazo próximo y remoto.

LOCALIDADES	Existente en la actualidad	Aumento previsible en plazo: Próximo	Remoto
Tetuán...	15	5	10
Tánger...	10	2	4
Larache	6	2	2
Arcila...	3	—	1
Alcazarquivir	4	—	1
Chauen...	5	1	1
Villa Sanjurjo...	3	2	6
Segangan	18	—	2
Castillejos...	7	—	—
Villa Nador	20	—	2
Bab Tazza...	4	—	—
Targuist	4	—	—
Axdir	4	—	—
Dar Driux...	4	—	—
Zeluán...	4	—	—

Estos aumentos de oficinas podrían traducirse en reducciones, si se sigue una política de robustecimiento de empresas, con su consecuente mejora del tráfico, lo que ocasionará la supresión de las empresas peor dotadas o su fusión en otras más robustas.

XI. La *Estación de término de Tetuán* sería conveniente, aunque no imprescindible, que tuviese anejos los locales del *Organismo Director de esta Red de Transporte por Carretera*, locales que deberán ser:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Una *sala para el público y servicio*, un *local de Ordenanzas*, un *guardarropa*, *dos locutorios telefónicos*, un *cuarto trastero*, un *almacén-archivo*, una *sala de espera*, una *sala de Juntas*, un *despacho del Director Técnico de la Red*, una *Secretaría para el mismo*, *un despacho para el Jefe de vigilancia de tráfico* (Policía de Tráfico), un *local para estacionamiento del personal del mismo*, una *Secretaría para el Jefe anterior*, un *despacho para el Jefe de Enlaces e Información*, una *Secretaría adjunta*, un *Despacho para el Jefe Administrativo de la Red*, con una *Secretaría*, con *salas para funcionarios*, adjuntas, éstas con *taquilla*, para pagos y cobros (multas, impuestos), que dé a la sala del público; un despacho para la Inspección técnica de vehículos y conductores, con su Secretaría y sala de funcionarios, si la requiriese; un despacho para la Intervención administrativa, con su Secretaría, y tres despachos más para eventualidades (Sindicatos de Transportes, carburantes, cubiertas, etc.), más los W. C., urinarios y lavabos de caballeros, señoras y, dentro de aquéllos, alguno para musulmanes.

XII. Las *Estaciones principales* se diferencian esencialmente de las de Término en que carece de hangar, el cual se substituye por una *marquesina* que protege al viajero situado en un andén. Esta marquesina debe servir de voladizo de carga de equipajes sobre bacas de camiones.

Los puestos de carga pueden disponerse unos detrás de otros, a lo largo de un andén corrido o a lo largo de andenes paralelos unos a otros y aptos cada uno para un puesto más de autobús. El cruce de líneas de tráfico de vehículos y pasajeros está tolerado en primera etapa, no así la de equipajes y mercancías con las antedichas, pero siempre debe tenerse estudiada la mejora en dos etapas: *primera*, pases subterráneos o elevados de viajero con vehículo y sin que, a su vez, interfieran los pasos de equipaje y mercancías; *segunda*, construcción de un hangar mediante cubrición de los andenes anteriores.

XIII.—El número de salidas y entradas en las *Estaciones Principales*, según licencias concedidas es de

	Salidas	Entradas	Total
Larache...	21	21	42
Villa Nador	120	120	240
Villa Sanjurjo...	17	17	34

Por lo tanto, con un cálculo homólogo al del apartado VI, se precisan, respectivamente, 3 puestos en Larache, 14 en Villa Nador y 3 en Villa Sanjurjo.

Sin embargo, considerando que al disminuir el número de salidas (por ser menor el servicio de cercanías), el *factor de carga* sufrirá un aumento, establecemos el reparto de las salidas y entradas en menos tiempo, precisándose entonces aumentar a 3 los puestos de Larache. Aunque se dan las mismas circunstancias en Villa Sanjurjo, como lo que correspondería sería 2,1 puestos, son suficientes 2.

XIV.—El número de *oficinas de empresa* en estas estaciones compuestas de despacho y mostrador-taquilla, viene dado en virtud del Cuadro del apartado X, con seis oficinas para Larache, veinte para Villa Nador y tres en Villa Sanjurjo, ampliables, respectivamente, en plazo próximo a un total de 8, 20 y 5, y en uno remoto a 10, 20 y 11.

XV.—En una Estación Principal quedan homólogos a los de una de Término, aun cuando con dimensiones diferentes adecuadas a su tráfico, los *servicios para el viajero* (apartado III), *para los equipajes y mercancías* (apartado IV), pequeño taller de reparaciones y previsiones de zonas para garajes y *talleres de reparación privados* (apartado V), *Servicio de Correos* (apartado VIII) y *oficinas de dirección de la Estación* y de las Policías gubernativa y de tráfico (apartado IX), siempre con el estudio complementario de ampliación previsible.

XVI.—La *Estación Comarcal* tendrá una disposición de andenes de carga y de marquesina homóloga de la de la principal (apartado XII), teniendo en cuenta sus previsiones de posible ampliación a una de Término, según se indica en el apartado XII.

El número de puestos de autobús viene definido así:

	Salidas	Entradas	Total
Arcila...	11	11	22
Alcazarquivir...	12	12	24
Chauen...	15	15	30

XVII.—El número de oficinas de empresa precisas en cada *Estación Comarcal* es, según el Cuadro del apartado X, de 3 en Arcila, 4 en Alcázarquivir y 7 en Chauen en un plazo remoto.

XVIII.—Los servicios para el viajero de una Estación Comarcal se caracterizan por no estar diferenciados en clases (1.ª y 2.ª); por tanto, siguen constando del *vestíbulo* con *taquillas y mostrador de equipaje*, *patio de maniobra y espera de coches ligeros*, *servicios de prensa*, *tabaco* y *teléfono*, *turismo* e *información* y *Sanatorios*, pero la sala de espera es el mismo vestíbulo antes dicho y suprimiéndose el restaurante se funden en un *solo servicio el café y la cantina*. Todos estos servicios serán reducidos a los necesarios para el tráfico, pero con ampliación estudiada para transformación en una Estación de Término.

En igual forma, subsisten los *almacenes*, si bien pueden ser un solo local con compartimentación móvil (mamparas, barras, cadenas, vallas, etc.); la *estación de abastecimiento automóvil*, el *almacenillo*, el *tallercillo de reparaciones ligeras* y los *terrenos previstos* para garajes y *talleres de reparación y repaso*.

Subsisten, asimismo, locales de los *Servicios de Correos* y *oficina de dirección de la Estación* y de las *Policías gubernativa y de tráfico*.

XIX.—Las *estaciones locales* tienen un doble carácter, no sólo en el servicio propio, común a todos los antes descritos, sino también el de un servicio de etapa intermedio a lo largo de una ruta. Son, pues, las vías adecuadas para establecer en ellas los servicios de socorro que se mencionan en el art. XXVII.

XX.—Las *estaciones locales* tendrán una disposición de *andenes y marquesinas* análogas a las de una estación principal y comarcal, si bien estando adecuadas en número y dimensiones a su tráfico, así como previsiones de ampliación sólo hasta el tipo de una principal, pero nunca a una de término, es decir: nunca con hangar cubierto.

El número de puertas de andenes de autobuses viene definido para cada estación según el Cuadro siguiente:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

	Salidas	Entradas	Total
El Tzenin...	10	10	20
Bab Tazza...	10	10	20
Targuist	18	18	36
Axdir	30	30	60
Dar Dríus...	10	10	20

Por lo tanto, según cálculos homólogos a los de los artículos VI, XIII y XVI, se precisan 2 puertas de autobús en El Txenin, 2 en Bab Tazza, 2 en Targuist, 2 en Axdir y 1 en Dar Dríus.

XXI.—El *número de oficinas de empresa* en las *estaciones locates*, según el Cuadro del apartado X es:

	Total de las precisas
Tzenin	4
Bab Tazza...	4
Targuist...	4
Axdir	4
Dar Dríus	4

y no se prevén ampliaciones en el futuro.

XXII.—Los servicios que precisa la *estación local* son: *vestíbulo con taquillas y mostrador de equipajes, patio de maniobra y espera de coches, cantinas* con puestos dentro de ellas de tabacos y prensa; un *almacén* único; *puesto de abastecimiento automóvil* para un vehículo; un *despacho para la Dirección de la estación* y otro para las *Policías de tráfico y gubernativas, ambas juntas.*

En El Tzenin, Bab Tazza y Axdir, dada la escasez de viviendas, habrá que habilitar la del Jefe de la estación.

Es conveniente que las de Dar Dríus, Targuist y Bab Tazza tengan *talleres de reparación automóvil* como parte del servicio de socorro en la ruta, pues son puntos alejados de localidades con talleres privados.

XXIII.—Los *apeaderos* cumplen dos fines, uno es de servir como punto de etapa, jalonamiento, vigilancia y socorro en la ruta; y otro, el de permitir un futuro tráfico entre puntos intermedios de la ruta similar al marítimo de cabotaje, de gran interés rural y que hoy día, o no se puede hacer en autobuses o hay que hacerlo con gran costo por pagarse billetes de total de trayecto, mucho más extenso que los que ese público de tráfico local necesita.

XXIV.—El servicio de *apeadero* como punto de etapa, jalonamiento, vigilancia y socorro, se logra mediante la construcción de una Oficina con teléfono, botiquín, reserva de grasas, gasolina y piezas de repuesto, punto de reunión de la vigilancia del sector de ruta (Mejaznía, Policía de carretera, etc.) y el estacionamiento de modo permanente de un Agente, lo cual exige en casi todos los casos la construcción adjunta de su vivienda.

El servicio de *apeadero* como estación de tráfico de cabotaje carretero, se logra con una Marquesina o vestíbulo para el personal de espera, que toma su billete de manos del agente particular en servicio en el autobús que haga este servicio, intervenido por el Agente estatal, más un sistema de señales que indique a los vehículos en ruta, número de viajeros que esperan ser transportados, para aprovechar las plazas vacías existentes en los vehículos en tránsito.

XXV.—Cuando una estación tenga *servicios de Aduanas*, habrá que adosar a los componentes de la estación propiamente dicha los de los servicios de Aduana, compuestos de: *barrera, sala de público* y *aforo* (en ciertos casos, una de salida y otra de entrada, cuando sea sólo una a prever el futuro paso a ella cruzando la carretera en paso superior o inferior), *local para el destacamento de Aduanas, despacho del personal de Policía*, que puede fundirse con el descrito en la estación de tipo corriente, si es del tipo que lo posee, *local de registro privado de caballeros* y *señoras, depósito de aprehensiones, local para cambio de moneda, con caja fuerte*, y si la estación no lo tuviere, *cantina, servicios sanitarios* y *locutorios telefónicos* para el servicio público. Los vehículos deben parar y aparcar fuera del ancho normal de la ruta.

XXVI.—Las *estaciones con tráfico suburbano* se adaptarán a las especiales características de él.

XXVII.—Los *servicios de socorro* son: el de *sanidad* y el de *socorro automóvil*. El primero se logrará con los establecimientos sanitarios urbanos y rurales de la Zona, pero en los puntos más convenientes deben ubicarse *auto-ambulancias* para prestar los primeros servicios en accidentes ocurridos en la ruta, toda vez que es lo probable que el primer aviso del accidente llegue por medio de una estación de autobuses o apeadero. Esas auto-ambulancias tienen la doble misión de aportar con rapidez personal y elementos sanitarios, y de recoger y evacuar inmediatamente heridos o muertos.

Se precisa, pues, un *botiquín* y un *garaje* en las estaciones-bases, que deben colocarse en puntos apropiados y centrados de la ruta, no precisamente en las grandes poblaciones, que suelen ser excéntricas y en las que, instalar estos elementos, es aumentar los ya existentes (municipales, estatales, privados y militares).

El servicio de *socorro automóvil* constará del de aportación y recogida, que se logra con un vehículo-grúa, almacenillo de piezas de recambio y depósito de combustible, para lo cual se requiere un *garaje* para el *coche-grúa* y *talleres de reparación*. En las poblaciones donde existan estos talleres como organismos privados, no es necesario instalar ninguno en la estación de autobuses, que sólo requiere un taller de reparaciones ligeras, ya descrito, es decir: reparaciones susceptibles de ser hechas por el propio conductor si dispone de ciertos elementos (foso, etc.) y herramientas de mano y piezas de recambio más usuales (almacenillo). Pero donde no existen estos talleres privados y está muy lejos la población con ellos, es decir: es largo el remolque del vehículo averiado, debe instalarse un *taller de reparaciones* con personal mecánico, aunque montado sólo en el grado mínimo de reparaciones de urgencia (podemos computarla como de duración de un día). Como el personal accidentado o de vehículos averiados ha de permanecer en el punto de socorro hasta salir en otro vehículo o en el suyo reparado, deben ubicarse las instalaciones de socorro donde exista parador, hotel o fonda para alojar a dichos viajeros. De aquí la sugerencia hecha en el artículo XXII, de ser las estaciones locales las más adecuadas para asentar en ellas dichos servicios, pero Bab Tazza y Dar Dríus no tienen parador alguno para viajeros en avería. En Tzenin y Axdir cabe aprovechar la cercanía de Arcila y Villa Sanjurjo para evacuar transitoriamente a ellos los viajeros paralizados en su viaje. Es, pues, preciso pensar en *paradores de socorro* con mínimos

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

alojamientos y cocina, que complementen la red general de paradores de turismo, hoteles y fondas a lo largo de la ruta.

XXVIII.—Proyectada y en especiales circunstancias de concesión de su ejecución la Estación de Autobuses de Tetuán, proponemos que no se interfiera con este Plan su construcción, pero sí que se dé traslado a la Casa proyectista (Construcciones Hidráulicas y Civiles, S. A.) para que estudie el posible amoldamiento de ella a una Estación de Término como la descrita, así como la posible instalación en sus altos de las oficinas de la Dirección del Organismo de Transportes por Carretera, descrito en el art. **XI.**

II

ANTE-PRESUPUESTO APROXIMADO DEL PLAN DE ESTACIONES DE AUTOBUSES

XXIX.—Por lo que respecta al Ante-proyecto del Plan, podemos hacerlo a base de cálculos de precios por metro cuadrado y medidas aproximadas en metros cuadrados, sobre esquema o programa acotado.

La *Estación de Autobuses de Tetuán* no la cifraremos por estar ya proyectada y por especial estado de la cuestión; basta indicar su adaptación al programa indicado como necesario para una *Estación de Término,* lo que creemos fácil.

Además, concedidos ya los créditos con carácter municipal, parece conveniente descargar su costo del total presupuesto del Plan Decenal para estaciones de autobuses, atendiendo así a una mayor amplitud de instalaciones en ella, y téngase en cuenta que muchos de los edificios se construirán alejados de los centros de abastecimiento de materiales y jornales, por lo que ese costo por metro cuadrado es más bien bajo que alto, si estimamos que ese precio como el de aproximado coste real al valor de la Oficina antedicha será de 252.557,50 pesetas (véase Anejo A).

ANEJO A

PRESUPUESTO APROXIMADO DE LA OFICINA DEL ORGANISMO DIRECTOR DEL TRÁFICO POR CARRETERA

Sala para el público, 5 × 8	40,00 m²
Local de Ordenanzas, 2 × 2,5	5,00 »
Guardarropa, 1,5 × 2	3,00 »
Locutorios telefónicos (en el vestíbulo).	
Cuarto trastero, 2,5 × 3	7,50 »
Almacén-Archivo, 4 × 5	20,00 »
Sala de espera, 4 × 4	16,00 »
Despacho del Director Técnico, 5 × 4	20,00 »
Secretaría del mismo, 3 × 3...	9,00 »
Despacho del Jefe de vigilancia del tráfico, 4 × 4	16,00 »
Secretaría del mismo, 3 × 3	9,00 »
Local de estacionamiento de personal de vigilancia de tráfico, 4 × 6	24,00 »
Despacho del Jefe de enlace e información, 4 × 4	16,00 »
Secretaría del mismo, 3 × 3	9,00 »
Despacho de la Inspección Mecánica de vehículos y Conductores, 4 × 4	16,00 »
Secretaría del mismo, 3 × 3	9,00 »
Despacho del Jefe Administrativo, 4 × 4 ...	16,00 »
Suma y sigue...	235,50 m²
Suma anterior...	235,50 m²
Secretaría del mismo, 3 × 3	9,00 »
Despacho de la Intervención Administrativa, 4 × 4	16,00 »
Secretaría del mismo, 3 × 3	9,00 »
Despachos para eventualidades, 3 × 4 × 3 ...	36,00 »
Sala de funcionarios (mecanógrafos), 4 × 7	28,00 »
W. C., urinarios y lavabos, 6 × 3	18,00 »
10 % de espesor de muros y pasillos	37,05 »
Total	388,55 m²

que a 650 pesetas metro cuadrado esuman: 252.557,50 pesetas

XXX.—La *Estación de Autobuses de Tánger* podemos cifrarla a base del presupuesto existente para una estación con hangar y 4 puestos de autobuses, la cual está proyectada y tiene un costo de *2.689.889,96 pesetas.* Sin embargo, esta estación no es completa, de acuerdo con nuestro programa; faltan en ella los siguientes elementos: *siete oficinas de Empresa, Oficina de Información y Turismo, Café-restaurante* y *Cantina* (con sus cocinas, despensa y W. C. privados), *sala de espera de primera y segunda clase, servicios sanitarios* para el público más extensos y diferenciados, *sala de descanso del personal de vehículos,* con sus W. C. y lavabos respectivos; *Oficina de Correos,* una de las *oficinas de Policía* (la sala de espera de la Estación está mal ubicada como tal y en cambio es apta para una de las oficinas de Dirección de la Estación o Policía) y *Oficina Sindical.* Todo ello se cifra en metros cuadrados y se presupone, en el Anejo B, en 392.860 pesetas, que con las antes cifradas dan un total de 3.089.249,96 pesetas de costo de esta estación completa.

ANEJO B

PRESUPUESTO APROXIMADO DE LAS CONSTRUCCIONES QUE PRECISA AUMENTAR AL PROYECTO DE ESTACIÓN DE AUTOBUSES DE TÁNGER PARA ADAPTARLO AL PLAN AQUÍ PROPUESTO

Siete oficinas de Empresa, 7 × 4 × 4	112,00 m²
Oficina de Información y Turismo, 3 × 5 ...	15,00 »
Café-restaurante, 11 × 5	55,00 »
Cantina y cafetín moro, 8 × 6	48,00 »
Salas de espera de 1.ª y 2.ª clases, 5 × 16 ...	80,00 »
Servicios sanitarios para el público, 14 × 4 ...	56,00 »
Sala de descanso del personal de vehículos y sus servicios sanitarios, 8 × 7	56,00 »
Oficina de Correos, 6 × 8	48,00 »
Oficinas de Policía y Sindicales, 4 × 8	32,00 »
20 % de aumento de espesores de muros, pasillos, porches y patio de servicio	102,40 »
Total	604,40 m²

que a 650 pesetas metro cuadrado, resulta un costo de 392.860 pesetas.

XXXI.—En el Anejo C cifraremos los metros cuadrados y costo de las Estaciones Principales, sin incluir oficinas de empresa; como éstas y los puestos de autobús varían, cifraremos una de cada clase y obtenemos por adición al núcleo ya cifrado los siguientes presuntos costes por Estación. Para la de *Larache,* pesetas 651.950; para la de *Villa Sanjurjo,* 620.750 pesetas, y para *Villa Nador,* 969.150 pesetas, completa, pero como hay parte ya ejecutada, cifraremos en 400.000 pesetas lo preciso para la ampliación.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ANEJO C

I

PRESUPUESTO APROXIMADO DE LAS ESTACIONES PRINCIPALES, SIN OFICINAS DE EMPRESAS NI PUESTOS DE AUTOBUSES INCLUÍDOS

Sala de viajeros, incluso Prensa y Tabaco, 10 × 8	80,00 m²
Entrega y recepción de equipajes, 3 × 5	15,00 »
Locutorios telefónicos para el público, 3 × 1,5	4,50 »
Oficina de Turismo e Información, 3 × 4	12,00 »
Servicios de café y restaurante, 11 × 5	55,00 »
Servicio de cantina y cafetín moro, 8 × 6	48,00 »
Salas de espera de 1.ª y 2.ª clases, 5 × 11	55,00 »
Servicios sanitarios de 1.ª y 2.ª clases, caballeros y señoras, 14 × 4	56,00 »
Almacenes de salida, llegada y estacionamiento, 12 × 14	168,00 »
Almacenillo y taller de reparaciones ligeras, 9 × 7	63,00 »
Sala de descanso de personal del servicio automóvil, 8 × 7	56,00 »
Servicio de Correos, 6 × 6	36,00 »
Oficina de Dirección propia de la Estación, 4 × 4	16,00 »
Oficinas de Policía Gubernativa y de Tráfico, 4 × 8	32,00 »
20 % de aumento por espesores de muros, pasillos y estación de abastecimiento automóvil	138,50 »
Parte común a todas las estaciones	835,00 m²

que a 650 pesetas, resulta 542.750 pesetas.

II

COSTO DE UNA OFICINA DE EMPRESA

Despacho y pasillo, 4 × 4 ..... 16,00 m²

que a 650 pesetas el metro cuadrado son 10.400 pesetas por despacho.

III

PUESTO DE AUTOBÚS EN ANDÉN CON MARQUESINA

Puesto de autobús, 8 × 3 ..... 24,00 m²

que a 650 pesetas metro cuadrado, son 15.600 pesetas por puesto.

Por lo tanto, el costo de las diferentes estaciones es:

LARACHE	*Pesetas*
Costo de la parte común a todas las Estaciones Principales	542.750,00
6 oficinas de Empresa, a 10.400 ptas.	62.400,00
3 puestos de autobús, a 15.600 ptas.	46.800,00
Total	651.950,00

VILLA NADOR	*Pesetas*
Costo de la parte común a todas las Estaciones Principales	542.750,00
20 oficinas de Empresa, a 10.400 ptas.	208.000,00
14 puestos de autobús, a 15.600 ptas.	218.400,00
Total	969.150,00

En ésta suponemos que sólo hay que hacer un gasto de 400.000 pesetas, como ampliación de la actual.

VILLA SANJURJO	*Pesetas*
Costo de la parte común a todas las Estaciones Principales	542.750,00
3 oficina de Empresa, a 10.400 ptas.	31.200,00
3 puestos de autobús, a 15.600 ptas.	46.800,00
Total	620.750,00

XXXII.—En el Anejo D ciframos en forma homóloga los costos de las *Estaciones Comarcales*, y resultan costos presuntos de 354.900 pesetas para la de *Arcilla*, 366.600 pesetas para la de *Chauen* y 360.750 pesetas para la de *Alcazarquivir*.

ANEJO D

PRESUPUESTO APROXIMADO DE LAS ESTACIONES COMARCALES

1. *Sin oficinas de Empresa ni puestos de autobuses incluídos.*

Vestíbulo para viajeros, 10 × 7	70,00 m²
Oficina de Turismo e Información, 4 × 4	16,00 »
Servicios de Prensa, Tabacos y Teléfonos, 5 × 4	20,00 »
Servicios sanitarios para público, 5 × 7,5	37,50 »
Café y cantina, con sus servicios, 6 × 7	42,00 »
Almacenes, 11 × 9	99,00 »
Almacenillo y taller de reparaciones ligeras, 8 × 5	40,00 »
Servicio de Correos, 5 × 4	20,00 »
Oficina de Dirección de la Estación y Policía de Tráfico y Gubernativa, 12 × 4	48,00 »
20 % de aumento por espesores de muros, pasillos, patio de servicio y estación de abastecimiento automóvil	78,50 »
Total	471,00 m²

que a 650 pesetas metro cuadrado, resultan 306.150 pesetas.

2. *Costo de una Oficina de Empresa.*

Despacho, 3 × 3 ..... 9,00 m²

que a 650 pesetas metro cuadrado, resultan 5.850 pesetas.

3. *Puesto de autobús en andén con marquesina.*

Puesto de autobús, 8 × 3 ..... 24,00 m²

que a 650 pesetas metro cuadrado, cuesta 15.600 pesetas.

Por lo tanto, el cálculo del costo de las diferentes Estaciones:

ARCILA	*Pesetas*
Costo de la parte común a todas las Estaciones Comarcales	306.150,00
3 oficinas de Empresa, a 5.850 ptas	17.550,00
2 puestos de autobús, a 15.600 ptas.	31.200,00
Total	354.900 00

CHAUEN	*Pesetas*
Costo de la parte común a todas las Estaciones Comarcales	306.150,00
5 oficinas de Empresa, a 5.850 ptas.	29.250,00
2 puestos de autobús, a 15.600 ptas.	31.200,00
Total	366.600,00

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ALCAZARQUIVIR

	Pesetas
Costo de la parte común a todas las Estaciones Comarcales	306.150,00
4 oficinas de Empresa, a 5.850 ptas.	23.400,00
2 puestos de autobús, a 15.600 ptas.	31.200,00
Total	360.750,00

XXXIII.—En el Anejo E presuponemos en igual forma los presuntos costos de las *Estaciones Locales*, y resultan de 201.630 pesetas la estación de *Tzenin*, 234.130 pesetas la de *Bab Tazza*, 194.740 pesetas la de *Targuist*, 201.630 pesetas la de *Axdir*, y 179.140 pesetas la de *Dar Drius*.

ANEJO E

PRESUPUESTO APROXIMADO DE LAS ESTACIONES LOCALES

1. *Sin puestos de autobús incluídos.*

4 oficinas de Empresa, 4 × 4 × 3	36,00 m²
Vestíbulo, con mostrador de equipajes, 5 × 6	30,00 »
Cantina, 5 × 6	30,00 »
Almacén, 4 × 8	32,00 »
Entrega y recepción de equipajes, 4 × 5	20,00 »
2 despachos oficiales, 2 × 3 × 3	18,00 »
20 % de aumento por espesores de muros, pasillos y puesto de abastecimiento automómil	35,00 »
Total	201,60 m²

que a 650 pesetas metro cuadrado, resulta un costo de 131.040 pesetas.

2. *Costo de un puesto de atraque de autobús.*

Puesto de autobús con marquesina, 8 × 3 ...	24,00 m²

que a 650 pesetas metro cuadrado, resulta uno costo de 15.600 pesetas por puesto.

3. *Costo de una vivienda aneja.*

Comedor-cocina, 6 × 4	24,00 m²
2 dormitorios de hijos, 2 × 3 × 3	18,00 »
Un dormitorio de matrimonio, 4 × 3	12,00 »
10 % de aumento por muros y pasillos	6,60 »
Total	60,60 m²

que a 650 pesetas metro cuadrado resulta un costo de 39.390 pesetas.

4. *Costo de un taller de reparación automóvil.*

Taller de reparación automóvil, 10 × 5 ...	50,00 m²

que a 650 pesetas metro cuadrado, son 32.500 pesetas.

Por lo tanto, los presupuestos de las diversas Estaciones Locales son:

EL TZENIN

	Pesetas
Costo de la parte común a todas las de una Estación Local	131.040,00
2 puestos de atraque de autobús, a 15.600	31.200,00
Vivienda aneja	39.390,00
Total	201.630,00

BAB TAZZA

	Pesetas
Costo de la parte común a todas las de una Estación Local	131.040,00
2 puestos de atraque de autobús, a 15.600	31.200,00
Vivienda aneja	39.390,00
Taller de reparación automóvil	32.500,00
Total	234.130,00

TARGUIST

	Pesetas
Costo de la parte común a todas las de una Estación Local	131.040,00
2 puestos de atraque de autobús, a 15.600	31.200,00
Taller de reparación automóvil	32.500,00
Total	194.740,00

AXDIR

	Pesetas
Costo de la parte común a todas las de una Estación Local	131.040,00
2 puestos de atraque de autobús, a 15.600	31.200,00
Vivienda aneja	39.390,00
Total	201.630,00

DAR DRÍUS

	Pesetas
Costo de la parte común a todas las de una Estación Local	131.040,00
Un puesto de atraque de autobús	15.600,00
Taller de reparación automóvil	32.500,00
Total	179.140,00

XXXIV.—En el Anejo F, ciframos en forma similar los *Apeaderos*, que resultan a 69.420 pesetas cada uno, y que todos tienen vivienda, ya que su Agente está en servicio permanente.

ANEJO F

PRESUPUESTO APROXIMADO DE LOS APEADEROS

Vestíbulo, 5 × 3	15,00 m²
W. C. y urinarios, 3 × 3	9,00 »
Comedor-cocina 4 × 5	20,00 »
3 dormitorios, 3 × 3 × 3	27,00 »
W. C., ducha y despensa, 3 × 3	9,00 »
Despacho de personal, 3 × 3	9,00 »
20 % de aumento para espesores de muros, pasillos y andén, sin marquesina	17,80 »
Total	106,80 m²

que a 650 pesetas metro cuadrado, resultan 69.420 pesetas cada apeadero con vivienda.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

XXXV.—En el Anejo G se presupone el costo correspondiente a Estación de Aduana; como todas ellas, coinciden con Apeadero, el coste es igual en todas y resulta de 223.145 pesetas por Estación.

ANEJO G

AUMENTOS QUE PRECISA EFECTUAR EN EL PRESUPUESTO DE ESTACIÓN DE AUTOBUSES CON SERVICIOS DE ADUANAS

1. *Parte común a todas las Estaciones con Servicio de Aduanas.*

Sala de público y aforo, 10 × 5	50,00 m²
Local de aduaneros, 5 × 4	20,00 »
Despachos personal de Aduanas, 2 × 4 × 3...	24,00 »
Locales de registro privado, 2 × 3 × 3 ...	18,00 »
Depósito de aprehensiones, 4 × 5	20,00 »
Oficina de cambio de moneda, 4 × 4	16,00 »
20 % de espesores de muros, pasillos, porches, etcétera	32,00 »
Total	180,00 m²

que a 650 pesetas metro cuadrado, resultan 117.000 pesetas.

2. *Parte que se ha de aumentar cuando el Servicio de Aduanas se aumente a un Apeadero.*

Aumentos en W. C. y lavabos, 4 × 5	20,00 m²
Locutorios telefónicos, 5 × 2,5	12,50 »
Cantina, 4 × 6	24,00 »
Total	56,50 m²

que a 650 pesetas, resulta un costo de 36.725 pesetas.

Por tanto, los presuntos costos de Estaciones con Aduana son:

CASTILLEJOS	*Pesetas*
Apeadero	69.420,00
Instalaciones del servicio de Aduanas	117.000,00
Aumentos en servicios	36.725,00
Total	223.145,00

ARBAUA	*Pesetas*
Apeadero	69.420,00
Instalaciones del servicio de Aduanas	117.000,00
Aumentos en servicios	36.725,00
Total	223.145,00

BENI ENZAR	*Pesetas*
Apeadero	69.420,00
Instalaciones del servicio de Aduanas	117.000,00
Aumentos en servicios	36.725,00
Total	223.145,00

XXXVI.—En el Anejo H se fija la organización de socorros sanitarios y automóvil. Existen dos tipos de *centros de socorro*, ambos con servicio de socorro sanitario y automóvil; pero uno, sin parador para el personal, y otro, con él. Estos centros pudieran ser los de Tzenin, sin parador; Bab Tazza, con parador; Targuist, sin parador, y Dríus, con parador.

ANEJO H

PRESUPUESTO APROXIMADO DE LAS INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS DE LOS SERVICIOS DE SOCORRO

1. *Servicios de socorros sanitarios.*

Garaje del auto-ambulancia, 4 × 6	24,00 m²
Botiquín y sala de curas, 5 × 5	25,00 »
Total	49,00 m²

que a 650 pesetas metro cuadrado, resultan 31.850 pesetas.

2. *Servicio de socorro automóvil.*

Garaje de coche-grúa y de socorro, 4 × 6 ...	24,00 m²
Taller de reparación (ya se cifró en las Estaciones Locales)	—
Total	24,00 m²

que a 650 pesetas metro cuadrado, resultan 15.600 pesetas.

3. *Parador de socorro.*

Comedor, 4 × 5	20,00 m²
Cocina y dependencias, 4 × 5	20,00 »
Dormitorios, 4 × 3 × 3	36,00 »
W. C. y baños, 2 × 2,5 × 3	15,00
20 % de espesores de muros, pasillos, porches, etcétera	15,80 »
Total	106,80 m²

que a 650 pesetas metro cuadrado, resultan 69.420 pesetas, o sea:

		Pesetas
2 bases con	servicio de socorro sanitario...	31.850,00
	servicio de socorro automóvil...	15.600,00
Total		47.540,00

		Pesetas
y 2 bases con	servicio de socorro sanitario...	31.850,00
	servicio de socorro automóvil...	15.600,00
	parador de socorro	69.420,00
Total		116.870,00

XXXVII.—Por lo tanto, el *presupuesto aproximado de la Red propuesta de estaciones de Autobuses es el siguiente:*

		Pesetas
1.º	Estación de Término de Tetuán. No se cifra el completo, por las circunstancias especiales que en ella concurren	1.000.000,00
2.º	Estación de Término de Tánger	3.089.249,96
3.º	Estación Principal de Larache	651.950,00
4.º	Estación Principal de Villa Sanjurjo...	620.750,00
5.º	Estación Principal de Villa Nador ...	969.150,00
6.º	Estación Comarcal de Arcila	354.900,00
7.º	Estación Comarcal de Chauen	366.600,00
Suma y sigue		7.052.599,96

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

		Pesetas
	Suma anterior	7.052.599,96
8.º	Estación Comarcal de Alcazarquivir ...	360.750,00
9.º	Estación Local de Tzenin	201.630,00
10.	Estación local de Bab Tazza	234.130,00
11.	Estación Local de Targuist	194.740,00
12.	Estación Local de Axdir	201.630,00
13.	Estación Local de Dar Dríus	179.140,00
14.	Apeadero de Dar Chaui, Rincón de Medik, Bab-Berret, Llano Amarillo, Puente del Nekor, Midar, Tistutin, Monte Arruit, a 69.420 pesetas cada uno	555.360,00
	Suma y sigue	8.979.979,96

		Pesetas
	Suma anterior	8.979.979,96
15.	Apeadero con instalación de Aduana en Castillejos, Arbaua y Beni Enzar, a 223.145 pesetas cada uno	669.345,00
16.	Dos instalaciones de socorro sin parador en el Tzenin y Targuist, a 47.450 pesetas cada una	94.900,00
17.	Dos instalaciones de socorro con parador, en Bab Tazza y Dar Dríus, a 116.870 pesetas cada una	233.740,00
18.	Locales para la dirección del Organismo del tráfico por Carretera	252.557,50
	TOTAL	10.230.522,46

ANEJO I

RELACIÓN DE LAS LÍNEAS DE VIAJEROS DE LA ZONA, ON EZPRESIÓ DE HERVICIOS QUE PRESTAN Y KILÓMET8ROS DE RECORRIDO DIARIO

LÍNEAS	LONGITUD KMS.	NÚMERO SALIDAS S. LIC.	COCHES KMS.	NÚMERO SALIDAS MAR. 44	COCHES KMS.
Tetuán-Ceuta	44	17	1.496	8	704
» Tánger	58	17	1.972	13	1.508
» Chauen	61	7	854	3	366
» Bab Tazza	80	2	320	1	160
» Larache	105	5	1.050	3	630
» Alcazarquivir	141	1	282	1	282
» Arcila	99	2	396	2	396
» Villa Sanjurjo	270	2	1.080	1	540
» Melilla	427	2	1.708	1	854
» Zocos Región	25	5	250	5	250
» Tanacob	88,5	1	177	—	—
» Uad Lau	46	1	92	1	92
» Emsáa	23	1	46	1	—
» Benkarrich	13	2	52	2	52
» Rincón Medik	16	2	64	2	64
» Melusa	55	1	110	1	110
» Beni Ahamed	121	3 s.	103	2 s.	69
» Río Martín	12	78	1.632	68	1.632
Ceuta-Alcazarquivir	185	1	370	1	370
Tánger-Zocos Región	25	4	200	4	200
Arcila-Zocos Región	25	7	350	7	350
Larache-Alcazarquivir	36	9	648	10	720
» Tánger	90	3	540	3	540
» Arcila	42	2	168	2	168
» Beniarós	80	2	320	½	80
» Beni Gorfet	27	1	52	½	27
» Zocos Región	25	4	200	4	200
Alcázar-Mexerah	39	2	156	1	78
Chauen-Bab Tazza	24	2	96	1	48
» Zocos Región	25	1	50	1	50
Targuist-Zocos Región	25	3	150	3	150
Melilla-Cabo de Agua	104	3	324	1½	312
» Muluya	58	3	348	2	232
» Villa Sanjurjo	157	6	1.884	1½	471
» Villa S. Ketama	223	1	446	1	446
» Setolazar	26	2	104	2	104
» Zeluán	26	1	52	1	52
» Tensaman	106	2	424	2	424
» Talamagait	113	2	452	2	452
» Segangan	17,5	69	2.415	69	2.415
» Targuist	221,5	3	1.329	1	443
» El Zaio	52	6	624	6	624
» Tahuima	21	13	546	13	546

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

LÍNEAS	LONGITUD KMS.	NÚMERO SALIDAS S. LIC.	COCHES KMS.	NÚMERO SALIDAS MAR. 44	COCHES KMS.
Melilla-Hasi Barkán	53	1	110	1	110
» Afsó	72	1	144	1	144
» Dar Quebdani	72	2	288	2	288
» Driuch	72	3	432	3	432
» Tafersit	87	1	174	1	174
» Arruit	35	2	140	2	140
» Midar	88	2	352	2	352
» Ein Zoren	116	2	464	2	464
» Arkemán	77	2	308	2	308
» Ben Tieb	83	1	166	1	166
» Zocos Región	25	12	600	12	600
Zaoi-Garma	30	1	60	1	60
V. Sanjurjo-Torres	66	2 s.	37	2 s.	37
Targuist-Villa Sanjurjo	66	5½	716	5½	716
V. Sanjurjo-Ein Zorah	17	4	136	4	136
» Benibuaiach	26	4	208	4	208
» Taurit	91	4	728	4	728
		335½ (más 5 sem.)	29.395	299½ (más 4 s.)	22.274

En números redondos, resultan 30.000 coches-kilómetros diarios y 22.500 coches-kilómetros diarios.

Suponiendo una utilización media de 20 viajeros por coche y un empleo de 365 días anuales, el número de viajeros-kilómetros por año, será de 219.000.000 y 164.000.000, respectivamente.

Recordamos que los primeros corresponden al número de licencias concedidas, y los segundos, a los servicios efectivos en marzo de 1944, cifras afectas de reducciones.

En la actualidad, hay aún mayor restricción, pero con carácter muy temporal.

ANEJO J

CÁLCULO DE LAS ANUALIDADES DE AMORTIZACIÓN DE LOS CAPITALES PRECISOS PARA LA ERECCIÓN DE LOS EDIFICIOS DEL PLAN Y GASTOS DE LAS INSTALACIONES MATERIALES DEL MISMO

Si el Plan de Estaciones de Autobuses en la Zona cuesta 10 millones de pesetas, el capital total que se ha de reintegrar a los 20 años es de:

$$S \times C \times V^n$$

siendo C el capital inicial de 10 millones de pesetas, *n* el número de años, en nuestro caso, 20, y V el valor de una peseta más sus intereses en un año; S valdrá 19.900.000 pesetas. La anualidad viene dada por:

$$a = S \times \frac{V - 1}{V^n - 1} = 19.900.000 \times 0{,}0354 = 704.460 \text{ pesetas}$$

Si las instalaciones materiales del servicio (mobiliario, grúas, equipos de servicio de gasolina, aire a presión, agua, engrase, etcétera) cuesta 500.000 pesetas

$$S = C \times V^n = 500.000 \times 1{,}99 = 995.000 \text{ pesetas, y}$$

$$a = S \times \frac{V - 1}{V^n - 1} = 995.000 \times 0{,}0354 = 35.223 \text{ pesetas}$$

ANEJO L

CÁLCULO DE LOS PRESUPUESTOS DE ENTRETENIMIENTO EN SERVICIOS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ESTACIONES DE AUTOBUSES

	Sueldos o jornales Anual	Total
1. *Organismo directivo central.*		
1. Un Ingeniero Director (el que en la Delegación de Obras Públicas y Comunicaciones lleve el servicio de Inspección de Tráfico y Automovilismo)	—	—
2. Un Jefe de Vigilancia de Tráfico (el Jefe de la Secc. de Policía de Tráfico)	12.000	12.000
3. Un Jefe administrativo de la Red	15.000	15.000
4. Un Jefe de la Sección de Carruajes	9.000	9.000
5. Un Interventor administrativo de la Red (el de la Delegación de Obras Públicas y Comunicaciones)	—	—
6. Un Administrador de la Red ...	9.000	9.000
7. Un Jefe de la Sección de Enlace e Información de la Red	9.000	9.000
8. Un Jefe de la Sección de Inspección del Seguro de Viajeros	12.000	12.000
9. Un Secretario-Taquimecanógrafo	9.600	9.600
10. Un Cajero Pagador	9.000	9.000
11. Un Contador	10.000	10.000
12. Dos Inspectores Volantes del Seguro de Viajeros (Región Occidental y Oriental)	10.000	20.000
13. Once Escribientes	7.000	77.000
14. Un Conserje	6.500	6.500
15. Tres Ordenanzas	4.000	12.000
Total de personal		210.100

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CÁLCULO DE LOS PRESUPUESTOS DE GASTOS MATERIALES DE ENTRETENIMIENTO DEL SERVICIO

Para material de oficina del Organismo Central y las Regiones	30.000
Para alumbrado y calefacción	12.000
Para gastos de correo, telégrafo y teléfono	12.000
Para conservación y entretenimiento del mobiliario	10.000
Para publicaciones y anuncio de Prensa	12.000
Para dietas y gastos de locomoción	14.000
Total de gastos materiales en todo el servicio	90.000

2. *Presupuesto de la Estación de término.*

		Sueldos o jornales Anual	Total
1.	Un Jefe de Estación	13.200	13.200
2.	Dos Subjefes de Estación	9.600	19.200
3.	Dos empleados	6.000	12.000
4.	Un factor en consigna y 3 en recepción y entrega de equipajes	6.000	24.000
5.	Seis mecánicos (3 turnos grúa-carga)	4.800	28.800
6.	Tres telefonistas	4.800	16.400
7.	Un electricista	4.800	4.800
8.	Dos ordenanzas	4.000	8.000
9.	24 mozos (tres turnos, carga y descarga de mercancías y equipajes)	3.000	72.000
10.	Seis limpiadoras	2.400	14.400
	Total de personal		212.080

3. *Presupuesto de Estación Principal.*

1.	Un Jefe de Estación	12.000	12.000
2.	Un Subjefe de Estación	9.600	9.600
3.	Cuatro factores (1, relevo del Subjefe, y 3 en recepción y entrega de equipajes)	6.000	24.000
4.	Un empleado de oficina	6.000	6.000
5.	Dos telefonistas	4.800	9.600
6.	Un electricista	4.800	4.800
7.	16 mozos	3.000	48.000
8.	Cuatro limpiadoras	2.000	8.000
	Total de personal		122.000

4. *Presupuesto de la Estación Comarcal.*

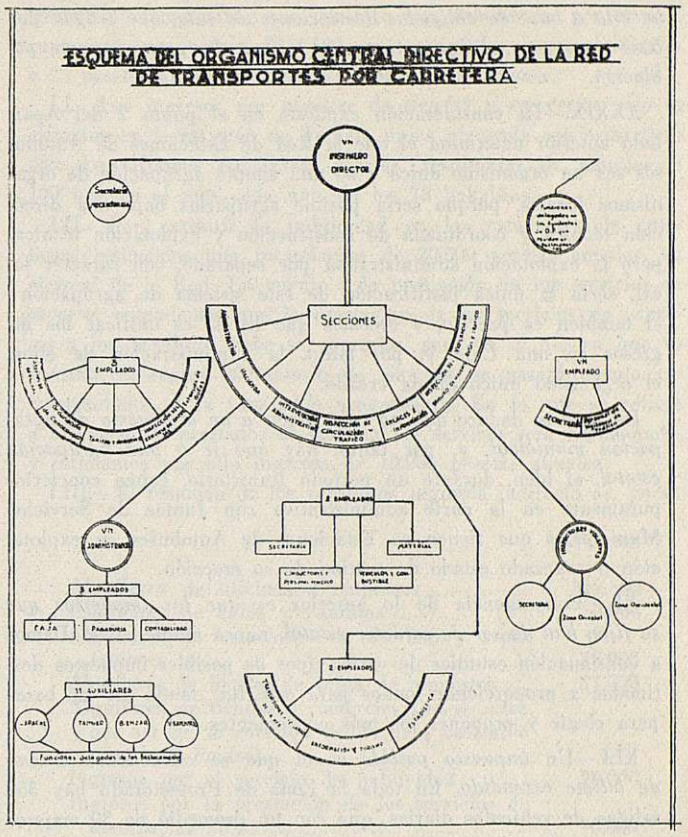
1.	Un Jefe de Estación	9.600	9.600
2.	Un Subjefe de Estación	9.000	9.000
3.	Cuatro empleados (1, en tercer turno de Jefe de Estación; 1, en oficina, y 2 en recepción y entrega de equipajes)	6.000	24.000
4.	12 mozos	2.500	30.000
5	.Tres limpiadoras	1.800	5.400
	Total de personal		78.000

5. *Presupuesto de la Estación Local.*

1.	Un Jefe de Estación	9.000	9.000
2.	Dos factores (suplencias en jefatura de Estación, y, a la vez, labor administrativa)	6.000	12.000
3.	Cuatro mozos	2.500	10.000
4.	Dos limpiadoras	1.800	3.600
	Total de personal		34.600

6. *Presupuesto del Apeadero.*

1.	Un Jefe de Apeadero	6.000	6.000
2.	Un mozo	1.800	1.800
	Total de personal		7.800



III

ESTUDIO ECONÓMICO DEL PLAN DE ESTACIONES DE AUTOBUSEES

XXXVIII.—Estimamos que los impuestos que subvengan al mantenimiento y amortización de construcción del Plan de Estaciones de Autobuses de la Zona debe obedecer a las siguientes reglas generales:

1.ª *No determinar negocio en sí*; aunque no por ello sumar estrictamente lo preciso para dicho entretenimiento y amortización de la construcción. Pueden existir remanentes por exceso.

2.ª Las Estaciones de fuertes ingresos ayudarán a las de escasos ingresos y deficitarias; es decir, que *los impuestos deberán agruparse en un fondo común* para toda la Red de las Estaciones y no en fondos locales aislados entre sí.

3.ª Los *remanentes por exceso deberán destinarse, parte de ellos, a cubrir posibles atenciones por rescate o convenios con las entidades poseedoras en la actualidad de Estaciones de Autobuses*, o con compromiso adelantado de erección; *el resto deberá emplearse precisamente en mejoras relacionadas con el transporte*, bien ampliando las Estaciones de Autobuses, acometiendo la construcción de las Bases de Transporte pesado, mejorando los

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

trazados y firmes de las vías servidas por la Red de Estaciones de Autobuses o fines similares.

4.ª *Suprimir todo impuesto que implique un cobro de derecho de paso o servicio puramente local*; éste, cuando se quiera aplicar al servicio interior urbano, pues para el urbano sería lícito. Asimismo, *al construir* las Estaciones de Autobuses, hay que *evitar hacerlo a base de obligadas desviaciones de ruta, que tengan por base favorecer exclusivamente el tráfico de paso de una población.*

XXXIX.—La consideración expuesta en el punto 2 del Apartado anterior determina el que la Red de Estaciones de Autobuses sea un organismo único y no una simple agrupación de organismos locales, porque sería posible agruparlos bajo una dirección técnica y coordinada de construcción y explotación técnica, pero la explotación administrativa por separado, con carácter local, sería la única justificación de este sistema de agrupación; si también es preciso, y creemos que lo es, es unificar los ingresos en una Caja y, por tanto, la administración de ellos, el organismo único queda creado.

De aquí se deduce que *no cabe llegar a un organismo de agrupación municipal*, y, por tanto, hay que ir *a una agrupación estatal*, si bien, durante un período transitorio, caben conciertos puramente en la parte administrativa con Juntas de Servicios Municipales que tienen ya Estaciones de Autobuses en explotación o avanzado estado de gestión de su erección.

XL.—Consecuencia de lo anterior es que *los impuestos que se fijen han de ser de carácter estatal*, nunca municipales. Damos a continuación estudios de varios tipos de posibles impuestos destinados a proporcionar fondos para este fin, dando así las bases para elegir y proponer los más convenientes.

XLI.—Un *impuesto posible* es el que se cifra *sobre unidad de billete extendido*. En toda la Zona de Protectorado hay 350 salidas de vehículos diarias, que con un promedio de 30 viajeros por salida de vehículo (pueden salir algunos con plazas vacías), pero, en cambio, en ruta son muchos los que renuevan sus viajeros por bajar unos en puntos intermedios y subir otros. Estas salidas representan un volumen de tráfico de 8.750 viajeros diarios, o sea, 3.250.000 viajeros al año. Un impuesto único de 5 céntimos por billete proporcionaría un ingreso anual de 162.500 pesetas, y si el impuesto fuese de 10 céntimos, el ingreso anual sería 325.000 pesetas. Este impuesto es lógico, porque se grava en igual forma gastos muy diferentes. Es, además, exiguo.

XLII.—Otro impuesto posible es el cifrado sobre el valor de los billetes extendidos. Según datos oficiales, en la Zona de Protectorado hay 220 millones de viajeros-kilómetros. Si cobramos un impuesto de 0,5 céntimos-kilómetro, éste nos dará una recaudación de 1.100.000 pesetas anuales. Para darnos una idea de su magnitud, comparamos con los impuestos hoy día en vigor en Villa Nador. En esta población, todos los vehículos de tráfico de cercanías (línea Melilla-Nador-Segangan) tributan 0,10 pesetas por billete y 0,15 pesetas las restantes.

Según las nuevas tarifas de transportes propuestas, el coste del billete de primera de Tetuán a Melilla, sería de 77 pesetas; el impuesto de 0,5 céntimos-kilómetro representaría 2,15 pesetas, con un coste total del billete de 79,15 pesetas. Como se pasa por 14 estaciones, si cada una cobrase 0,15 pesetas, cifra que impone Nador, se recaudarían por las diversas estaciones 2,10 pesetas. El impuesto propuesto, es, pues, homólogo y proporcionado al actual de Villa Nador.

Damos a continuación algunos datos de costos de billetes de primera en trayectos medianos y cortos:

TRAYECTOS	Costo del billete según nuevas Ordenanzas propuestas.	Costo del impuesto de 0,5 cts. kms. prop.	Costo presunto total
Tetuán-Larache	19,65	0,35	20,00
Tetuán-Chauen	10,66	0,31	10,97
Melilla-Segangan	3,60	0,11	3,71

XLIII.—Otro impuesto de posible promulgación es el de un cobro de un porcentaje sobre el Seguro de Viajeros. En virtud del actual Seguro, los ingresos por él ascienden a 1.667.000 pesetas anuales, pero como se propone en la actualidad un nuevo porcentaje de Seguro, si se aprobase esta solución, el ingreso sería de unas 1.922.000 pesetas anuales. Damos a continuación varios porcentajes sobre estas cifras, para su posible aplicación.

Porcentaje aplicado a finalizar las Estaciones de Autobuses.	Con impuesto de Seguro de Viajeros	
	Actual Ptas.	Propuesto Ptas.
5 %	83.350	96.100
10 %	166.700	192.200
15 %	250.050	288.300
20 %	333.400	384.400

XLIV.—Sería también posible establecer en Marruecos el impuesto denominado en España *Canon por Carreteras*, que en la Metrópoli es de 1,2 céntimos viajero-kilómetro. Como en la Zona se estiman en 220 millones de viajeros-kilómetros, el ingreso por este impuesto sería de 2.640.000 pesetas. Ahora bien, en España, este impuesto se destina a conservar y mejorar los caminos. Como las Estaciones de Autobuses son un servicio del camino, podría destinarse parte de estos fondos a la mejora que representa su erección, así como a su ulterior conservación, si bien no todos los fondos recaudados deberían destinarse a este fin, ni aun por un corto tiempo. Se aplicaría parte de ellos a las mejoras y conservación de la ruta como en España se practica.

XLV.—*Por el transporte de mercancías y equipajes* incluídos en el precio del billete, así como *por el servicio de estacionamiento en almacenes*. Los vehículos cargan 1.500 kgs. en la baca; descontando 375 kgs. correspondientes al transporte gratuito de equipaje y 125 kgs. de correo, restan 1.000 kgs. de carga, que se cobra por separado de los billetes, que como son 30.000 coches-kilómetros diarios los concedidos según Licencias, hacen un total al año de 10.950.000 toneladas-kilómetros. Sin embargo, tomando como coeficiente de aprovechamiento el 50 %, dejamos reducida esta cifra a 5.500.000 toneladas-kilómetros, que poniéndole 10 céntimos como derechos, supone al año 550.000 pesetas.

Cabría también ir a una solución más amplia, que por su extensión no tendría justificación para resolver únicamente el

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

el problema de las estaciones de autobuses y sólo sería aconsejable para emprender y finanzar una gran Red de Caminos, si de ellos resultaban cifras suficientes. *Consiste en reunir en una Caja Especial todos los ingresos que con el camino y el transporte carretero se refieran.* Es decir, todos los impuestos por importaciones (gasolina, neumáticos, vehículos, etc...), sobre vehículos (patentes, etc.), personal (permisos de conducción, etc.), rodaje, ventas de material automóvil, etc., más una serie de nuevos impuestos posibles sobre el tráfico (el ya citado Canon de Carreteras, etc.). Como esto se haría largo y complicado de cifrar, sólo sugerimos la idea por si se estimase aceptable, aunque ya decimos que desborda el fin perseguido en este trabajo.

XLVI.—Los posibles ingresos descritos en apartados anteriores son los de *tributación directa*; *examinemos ahora los de indirecta.* Desechamos los impuestos sobre gasolina, aceite y piezas de repuesto servidas en la estación, porque determinaría una diferencia de precios sobre los existentes en el comercio local, que no favorece al servicio de dicha estación. Creemos preferible subarrendar los locales e instalaciones de la estación donde se prestan estos servicios, para que exista una tienda más dentro de la estación en iguales condiciones económicas que las de fuera. Tampoco ciframos ningún ingreso sobre alquiler de puestos de autobuses por un vehículo, porque ya la imposición de un gravamen del tipo directo se hace con este fin, y tampoco, por análoga razón, gravamos en forma alguna el mantenimiento de los servicios de descanso del personal de las empresas; *quedan, pues, ingresos indirectos por imposiciones por: alquiler de oficinas de empresas; de cafés y cantinas; de estaciones de servicio y servicios de reparación y repaso; el alquiler de locales de venta de repuestos de vehículos; de alquiler de ciertas tiendas y comercios en Estaciones de Término; de publicidad y de prestación de servicios de socorro.*

XLVII.—Los ingresos presuntos por alquiler de oficinas ascienden a 312.500 pesetas; de las cuales, 60.000 pesetas corresponden a la estación en régimen especial de Tetuán, obtenidos así:

Estaciones	Número de oficinas	Alquileres propuestos		Totales al año
		Al mes	Al año	
De Término	25	333,33	4.000	100.000
Principales	30	250,00	3.000	90.000
Comarcales	34	208,33	2.500	85.000
Locales	25	125,00	1.500	37.500
Total				312.500

XLVIII.—Los *presuntos ingresos por alquiler de cafés y cantinas* ascenderán a 50.000 pesetas anuales, obtenidas así:

Cafés y restaurantes ...	5	500,00	6.000	30.000
Cantinas	10	166,66	2.000	20.000
Total				50.000

XLIX.—Los *posibles ingresos por alquiler de Estaciones de servicios y servicios de reparación y repaso* los estimamos en 2.000 pesetas anuales de promedio por cada una de las Estaciones existentes, o sea, en 28.000 pesetas.

L.—Los *ingresos previstos por alquiler de locales de venta y de repuestos de vehículos* se estiman en 37.500 pesetas, de las cuales 33.000 pesetas corresponden al alquiler, a 250 pesetas al mes, de las tiendas de 11 estaciones. En las 15 estaciones restantes, las piezas estarán valoradas, y el Agente estatal de servicio las entregará contra abono y contabilización del ingreso, el cual se entregará al comerciante que contrate este suministro, por el cual suponemos un ingreso de 4.500 pesetas anuales, correspondientes a 25 pesetas al mes de impuesto sobre 15 estaciones.

LI.—Los ingresos por *alquiler de tiendas y comercios* sólo lo ciframos en la estación de Tetuán, única planeada con estas tiendas. Lo ciframos en 21.600 pesetas, resultantes de alquiler, a 100 pesetas al mes cada uno de los 18 bakalitos.

LII.—Por permitir la publicidad en las estaciones de autobuses estimamos una recaudación de 20.000 pesetas anuales, en el total de la Red. En cuanto a la prestación de los *servicios de socorro*, entendemos que la prestación de los servicios de *urgencia* a los pasajeros debe ser gratuita, pero en el día en que se contrate el seguro obligatorio de viajeros, se pasará cuenta correspondiente a la Compañía aseguradora. En lo que se refiere a los socorros prestados al material, el servicio será remunerado, y estimamos por ello ingresos de 10.000 pesetas anuales.

LIII.—El resumen de los presuntos ingresos indirecto es, pues:

	Pesetas
Alquileres de oficinas a empresas	312.500
Alquileres de cafés y cantinas	50.000
Alquileres de estaciones de servicio y reparaciones	28.000
Alquileres de locales de venta de repuestos ...	37.500
Alquileres de tiendas y comercios (no se cifra por ser de la estación de Tetuán, costeable con otros fondos)	—
Ingresos por el servicio de publicidad	20.000
Ingresos por la prestación de los servicios de socorro	10.000
Total anual	458.000

IV

ESTUDIO ECONÓMICO DEL PLAN DE ESTACIONES DE AUTOBUSES; ESTUDIO APROXIMADO DEL PRESUPUESTO DE GASTOS Y AMORTIZACIÓN DEL CAPITAL INVERTIDO

LIV.—Para calcular el presupuesto de gastos de la *Organización de una Red de Transportes por Carretera*, tenemos que cifrar 2 partidas: una es la de la *anualidad de amortización correspondiente a las instalaciones de la Red*, y otra, *la anualidad de entretenimiento del Organismo de la misma.* Para calcular la primera, debemos estudiar los tres factores en gastos que la integran: terrenos, edificaciones e instalaciones restantes. Para estudiar la segunda, precisamos llegar a unos presupuestos de personal y material homólogos a los del Estado.

LV.—Suponemos que los *terrenos* precisos para erigir las estaciones se obtienen por cesión municipal o estatal, o por permuta con otros terrenos municipales o estatales. No ciframos nada, por tanto, por este concepto que, de no realizarse así, sería preciso tener en cuenta.

LVI.—La *anualidad de amortización de las edificaciones precisa*

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

para llevar a cabo este Plan, que ya vemos que ascendía a unos 10 millones de pesetas, es de 500.000 pesetas anuales, si se reintegra el dinero preciso para su erección sin interés alguno.

Si se reintegra en 20 años, con un interés de 3,50 %, que es el de la Caja General de Créditos de la Zona, la anualidad es de 704.460 pesetas, según el Anejo J.

LVII.—La *anualidad de amortización de las instalaciones materiales complementarias*, como son los gastos de amueblamiento y maquinaria, es de 35.223 pesetas, según puede verse en el mismo Anejo.

LVIII.—Los *gastos anuales de entretenimiento de la Dirección* del propuesto Organismo de Tráfico por Carretera es de 210.000 pesetas, según Anejo L, pero este Organismo puede ser directivo, además, de lo que compete al tráfico de viajeros y mercancías ligeras transportadas por vehículos de transporte personal, en lo que respecta al tráfico de mercancía pesada.

LIX.—El *gasto anual de entretenimiento de una Estación de Término* es de 204.200 pesetas; el de una *Estación Comarcal*, de 78.000 pesetas; el de una *Local*, de 34.800, y el de un *Apeadero*, de 7.800 pesetas. Todo lo cual puede verse en el Anejo L.

Por lo tanto, el *gasto anual de entretenimiento de la Red, será de:*

	Pesetas
2 Estaciones de términos, a 212.800 pesetas ...	425.600
3 Estaciones principales, a 122.000 pesetas ...	366.000
3 Estaciones comarcales, a 78.000 pesetas	234.000
5 Estaciones locales, a 34.200 pesetas	173.000
3 Estaciones con Aduana, 7.800 pesetas	23.400
8 Apeaderos, a 7.800 pesetas	62.400
Dirección del Organismo Administratico de la red	210.100
Total	1.494.500

En cuanto a los *gastos materiales*, aparecen diseminados en el apartado VII del Anejo L, y ascienden a 90.000 pesetas.

V

ESTUDIO ECONÓMICO DEL PLAN DE ESTACIONES DE AUTOBUSES.—ESTUDIO COMPARADO DE LAS POSIBLES SOLUCIONES DE MANTENIMIENTO DEL SERVICIO EN VIRTUD DE PRESUNTOS GASTOS E INGRESOS

Con los datos obtenidos en los capítulos III y VI, llegamos a los siguientes datos finales:

LX PRESUPUESTOS DE PRESUNTOS COSTOS DE ENTRETENIMIENTO

1.º Anualidad de amortización de las instalaciones...	Terrenos (cedidos) Edificaciones... ...	704.460	
	Instalaciones materiales complementarias	35.223	
Total de la 1.ª partida			739.683
2.º Anualidad de entretenimiento del Organismo de la Red de Estaciones de Autobuses	Personal	1.494.500	
	Gastos materiales..	90.000	
Total de la 2.ª partida			1.584.500
Total de costos anuales de entretenimiento			2.324.183

PRESUPUESTO DE POSIBLES SOLUCIONES DE INGRESOS

	Por impuestos sobre unidad de billetes expendidos.	Por impuestos sobre valor de billetes expendidos.	Por cobro de porcentaje sobre seguro de viajeros.	Por canon de carreteras.
Recaudaciones directas:				(1)
1) Sobre viajero y equipaje que puede transportar gratuitamente	325.000	1.100.000	384.400	2.640.000
2) Impuestos sobre transportes de mercancías no incluídas o que exceden de lo que se transporta con sus billetes de viajeros	550.000	550.000	550.000	550.000
Recaudaciones indirectas:				
3) Ingresos por alquiler de oficinas ...	312.500	312.500	312.500	312.500
4) Ingresos por alquiler de cafés y cantinas	50.000	50.000	50.000	50.000
5) Ingresos por alquileres de estaciones de servicios y reparaciones	28.000	28.000	28.000	28.000
6) Ingresos por alquileres de locales de ventas de repuestos	37.500	37.500	37.500	37.500
7) Ingresos por alquileres de tiendas y comercios	25.000	25.000	25.000	25.000
8) Ingresos por publicidad	20.000	20.000	20.000	20.000
9) Ingresos por prestación de servicios de socorro	10.000	10.000	10.000	10.000
Totales	1.358.000	2.133.000	1.417.000	3.673.000

(1) Sólo debería acordarse una parte de esto.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

LXI.—De los cuadros antedichos se deduce que la solución a base de impuesto sobre valor de billete expedido es posible, a partir de un impuesto de 0,625 ctms. viajero-kilómetro, diferencia insignificante en sí, porque con la solución actual el déficit presunto es de 277.883 pesetas. La solución a base de cobro de un porcentaje sobre el seguro de viajeros también es deficitaria, con impuesto del 20 % de dicho seguro en 993.883; como elevar más el porcentaje parecería improcedente, esta solución la estimamos desechable.

La solución a base de imponer en Marruecos el Canon de Carreteras, similar al de España, daría un superávit de pesetas 1.262.117, aplicable a las mejoras en otros servicios de la carretera.

Por último, la solución a base de impuesto sobre unidad de billete expendido, además de ser poco justo el criterio contributivo de este tipo, da un déficit de 1.152.883 pesetas, difícil de saldar con simple aumento en el valor del billete.

En nuestra opinión, es a base del impuesto sobre unidad de billete extendido, elevándolos a 0,625 *ctms. viajero-kilómetro como debe resolverse el problema.*

VI

POSIBLE Y CONVENIENTE DESPLIEGUE DE ESTACIONES DE AUTOBUSES EN UNA RED PRIMARIA DE TRANSPORTES EN LA ZONA DEL PROTECTORADO DE ESPAÑA EN MARRUECOS

Queda ahora por determinar cuáles deben ser las estaciones de autobuses que procede construir, cuyo plan creemos debe ajustarse a los siguientes puntos:

A) Reducir, por ahora, el plan de *estaciones de autobuses*, a proponer a las que sirven de red primaria, compuestas por las carreteras principales de:

Alcazarquivir-Larache-Arcila-Tánger.

Larache-Tzenin-Dar Chaui-Tetuán.

Tánger-Tetuán-Río Martín.

Castillejos-Tetuán-Chauen,Villa Sanjurjo-Melilla, y a la secundaria de Melilla a Begangan.

Las estaciones fuera de dichas líneas deben ser propuestas en su ejecución a las de antes enumeradas.

B) Las estaciones pertenecientes a la red estudiada, lo han sido en lo que se refiere a estaciones de viajeros, incluídos los servicios de transporte de correo, equipajes y carga ligera, en vehículos para viajeros. Su ubicación en las ciudades se hará, por tanto, bajo la consideración primordial de servir a ese tráfico, es decir, con puntos de partida y arribada céntricos. Una posible y futura centralización del transporte pesado por carretera, puede y debe ser estudiada, pero no es preciso lo sea simultáneamente, en lo que se refiere a instalaciones de bases de partida y llegada, con las descritas para servicios de viajeros y correos. Por el contrario, donde existan otras bases de tráfico pesado (estaciones de ferrocarril, puertos e incluso aeródromos en cierto grado), debe estudiarse la futura base de tráfico pesado, o cuando, existiendo, sea posible instalar cerca de ellas la base de transportes de viajeros y correos por carretera, podrán unirse a la estación de autobuses, con la base de tráfico pesado por carretera, lo cual evidentemente es una ventaja, pero no primordial, ni razón que anteponer a las consideradas como fundamentales, que son, para la estación de autobuses, su buena ubicación respecto a la población y núcleo principal de ella, y, para la base de transportes pesados por carreteras, su unión a las otras bases del transporte, ferrocarril, puertos, etc., y a los barrios fabriles, que a su alrededor deben ubicarse.

C) Las estaciones de autobuses deben proyectarse, en lo posible, a base de que, mediante sucesivas ampliaciones adicionales, vayan sirviendo al progresivo aumento del tráfico de esta clase. En Marruecos no es por ahora previsible el caso de poblaciones tan grandes que convengan dentro de ellas varias estaciones de autobuses, con tráfico no sólo interurbano, sino hacia suburbios y lugares cercanos, e incluso como estaciones base de un tráfico entre barrios.

Por lo tanto, y salvo el tráfico de Tetuán con Rincón del Medik y Río Martín, y Melilla con Beni-Enzar y Segangan, tráfico que cabe considerar como suburbanos, el resto del tráfico de viajeros y correo es interurbano, y a él deben supeditarse los tipos de estaciones elegidos. Para que estas sucesivas ampliaciones sean posibles en el futuro. Es preciso, al empezar la estación, rodearla de un espacio libre que asegure dicha expansión, y el que entretanto puede emplearse en jardines o mejoras de las vías de acceso, maniobra y estacionamiento ante dicha estación.

D) Las bases de tráfico pesado por carretera deben ser estudiadas con análogos criterios y comprender: almacenes con fácil carga y descarga, oficinas estatales y privadas para transportistas, garajes, talleres de reparación automóvil o relacionados con el transporte por carretera, estación de aprovisionamiento y servicio, fondas y comedores para el personal del servicio. enlaces con la red general de estaciones homólogas y puntos intermedios en ruta, etc... No consideramos preciso describir en esta ponencia con más detalles este servicio de bases, toda vez que ni debe estudiarse por completo ahora, sino observar lo que vaya haciéndose a este respecto en España y en el extranjero, ni cabe aún definir cómo será una base de éstas al completo, pero lo anterior da idea del espacio que debe reservarse a este fin, que, con su ubicación es lo que por ahora interesa.

E) Deben tener en el presente momento *estación principal, Larache, Villa Sanjurjo* y *Villa Nador*, y *estación comarcal de Alcazarquivir, Arcila* y *Chauen*.

Como *estaciones locales*, proponemos la de *Bab-Tazza, Targuist, Axdir* (cruce de empalme de la carretera Tetuán-Melilla, con el ramal de Villa Sanjurjo), *Dar Drius* y *El Tanin*, que será punto de importante empalme de la Larache-Tánger a la de Larache-Tetuán, por Dar Xaui. La de *Axdir* será proyectada probablemente de un tipo especial, dado su carácter de empalme.

Ciertas estaciones adquieren un especial carácter por el servicio de Aduanas en ellas existentes; en realidad, se forma amalgamando un tipo anterior con el servicio de Aduanas. Esto ocurrirá en las estaciones de *Castillejos* y *Beni-Enzar*, las cuales son estaciones de tipo local, con servicio de Aduanas, y se prevé la de *Arbans*, que es un apeadero con servicio de Aduana. La de *Beni-Enzar* quizá baste como apeadero con servicio de Aduanas, pues Beni-Enzar no es núcleo urbano, como lo es Castillejos.

Ciertas estaciones de autobuses tienen un tráfico suburbano o similar, preponderando sobre el interurbano, si la localidad en que se ubican se considera de hecho un barrio y no una pobla-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ción diferente que la principal con que enlaza. Esto da lugar a la *estación* denominada *suburbana*, que como la de Aduanas, viene definida por estas características especiales, pero así como aquéllas se obtienen amalgamando una estación de tipo ya descrito a un servicio de Aduanas, en estas estaciones suburbanas, el trayecto habrá de hacerse exprofeso para el tráfico local existente y futuro. *Segangan* y *Zeluan* pueden ser consideradas, dado su gran tráfico con Melilla, como suburbanas de esta ciudad, y *Río Martín*, aunque de construcción privada por la empresa explotadora de la línea de trolebuses, debe ser prevista como suburbana de Tetuán.

Por último, por motivos de vigilancia en el tráfico, enlace, auxilios en caso de averías y servicios de núcleos campesinos, dispersos a lo largo de la ruta, conviene disponer de una serie de puestos jalonados de la ruta que denominaremos *apeaderos*, y que deben instalarse en *Rincón del Medik*, *Bab-Barrat* y *Llano Amarillo*, muy convenientes en tiempo de nieves, *Puente del Rejor*, *Midar*, *Tistatin* y *Monte Arruit*, todos ellos con tráfico con centros urbanos nacientes a Zocos vecinos.

Creemos que con esta red pueden presentarse completos, por lo que respecta a redes de estaciones de autobuses, las líneas citadas en el apartado A).

F) El programa antedicho no quiere decir que deba acometerse a la vez; nuestro entender son *urgentes* las estaciones de Tetuán y Tánger; *convenientes*, las de Larache y Villa Sanjurjo, Chauen, Segangan y Zeluan, y el resto debe construirse, según las ocasiones que se presenten a lo largo del plan decenal previsto.

UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DENTRO DE CADA POBLACIÓN

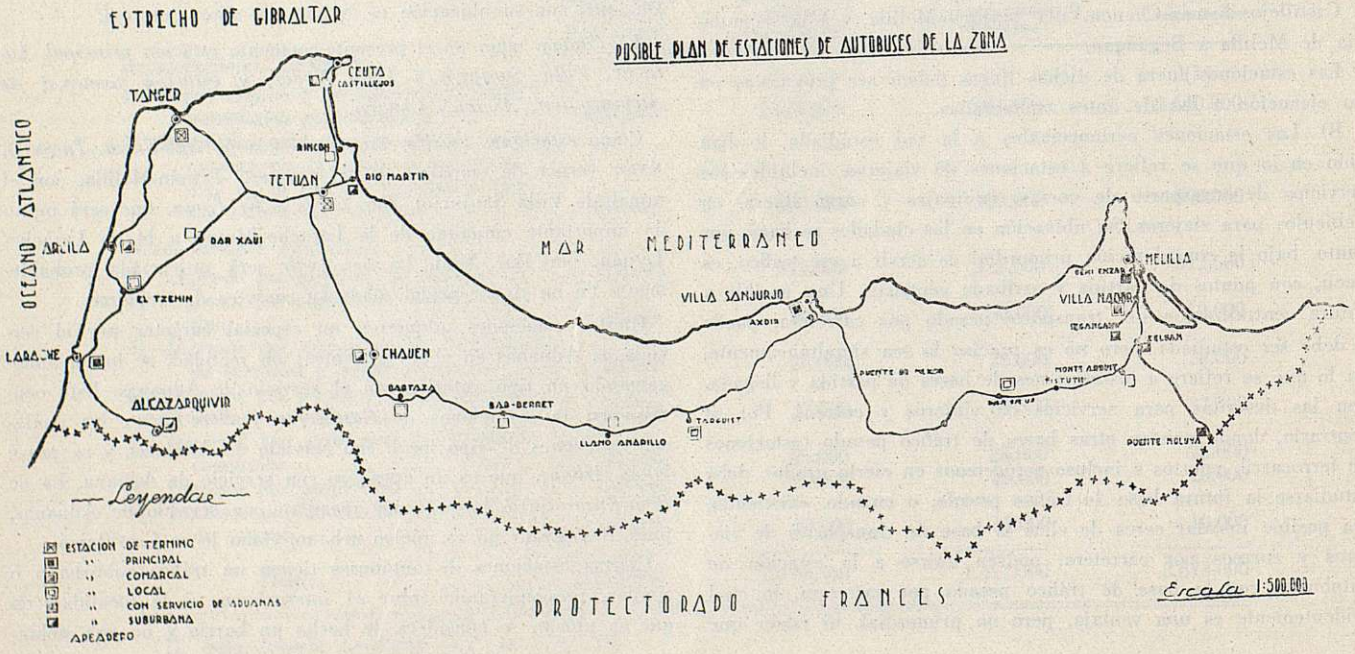
Encomendado el estudio de esta ponencia, en virtud de acuerdo tomado en 12 de enero de 1945 por la Junta Directiva de Transportes por Carretera, a los señores *don Francisco Castellón Díaz*, autor del plan de estaciones de autobuses, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, y *don Nicolás Baranda López*, Ingeniero de Caminos, Inspector de Circulación y Transportes por Carretera, y reunidos éstos a lo largo del tiempo transcurrido para el examen y estudio del problema encomendado, proponen:

Por lo que respecta a la fijación de posibles emplazamientos de las estaciones de autobuses, según los solares disponibles en las diversas poblaciones donde deben ubicarse instalaciones de estos tipos, debemos consignar que ya al conocer población por población, los solares existentes, sus características, planos, acotados, datos relativos a su propiedad, valor, etc..., requiere unos desplazamientos y tiempo, del que no se ha dispuesto desde la última reunión tenida a este respecto.

Ahora bien, no basta lo antedicho, toda vez que a cada plano debe unirse un tanteo previo de distribución del presunto edificio que se ha de erigir en él, para agotar el estudio de sus problemas, ventajas e inconvenientes, estimamos que esta labor es ya un trabajo de proyecto más que de ordenación previa de él: trátase, en efecto, de unos ligeros anteproyectos, que indiquen, en primer lugar, si el solar permite la elección del edificio adecuado, lo que ya está muy ligado a la labor de los proyectistas, y de ello resultarán imposibilidades, ventajas o defectos, que deben ser ya computados, por lo menos en primer lugar, por inspectores técnicos.

Creemos, pues, que esta labor, larga en tiempo, no debe retrasar la ordenación para la que con las dos ponencias adjuntas hay base suficiente de decisión, y que al comenzar la etapa de planeamientos será el más eficaz sistema, constante enlace y previa información de los elementos proyectistas, con la Delegación de Obras Públicas y Comunicaciones y sus Servicios de Inspección de Circulación y Tráfico.

Ahora bien, podemos adelantar, ampliando lo dicho en la ponencia primera, que al describir como de céntrica ubicación la



FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

estación de autobuses, no creemos que sea en el mismo centro de vida urbano donde su erección sea más conveniente. Esto congestionaría el ya de por sí intenso tráfico en ese punto, haría difíciles las maniobras de acceso y de salida y son, además, escasos y caros los terrenos disponibles en esas zonas. Tampoco conviene una estación de autobuses alejada del casco urbano, por lo que entendemos que *su mejor ubicación está en el perímetro del casco urbano de vida intensa*, no en el de barrios de vida o aledaños. Esta condición es primordial; cumplida, debe tener preferencia el aproximar la estación a los otros centros de tráfico existentes o posibles (puertos, estación de ferrocarriles) y en especial a la base de transportes pesados por carretera.

REGLAMENTO

de la Red General de Transporte por Carretera de la Zona del Protectorado

PROYECTO DE DAHIR

Loor a Dios Único.

(Sello de S. A. I. el Jalifa Muley el Hassan.)

Se hace saber que por este nuestro elevado escrito, glorificado por Dios, que Nuestra Alteza Imperial Jalifiana

Vista la conveniencia de unificar y reunir en un solo Organismo del Majzén las actividades y servicios públicos de transportes de viajeros y mercancías por las carreteras de la Zona

Debidamente asesorados por los Organismos competentes de la Nación Protectora

DECRETAMOS LO SIGUIENTE:

Artículo 1.º Se crea, dependiendo de la Delegación de Obras Públicas y Comunicaciones, la RED GENERAL DE TRANSPORTES POR CARRETERA, que asumirá todas las funciones encomendadas actualmente a la Inspección de Circulación y Transportes por Carretera afecta a la expresada Delegación y las que actualmente están encomendadas, en función auxiliar de la Administración, a los Sindicatos de Transporte, en materia de distribución de servicios de mercancías y de asignación y distribución de carburantes, así como expedición de guías de servicio; encargándose, asimismo, a la Red del proyecto y ejecución de un Plan progresivo de Estaciones de Autobuses.

Art. 2.º Se declara servicio estatal, a cargo de la Red General citada, el Seguro obligatorio a favor de viajeros, terceras personas y cosas, establecido por nuestro Dahir de fecha 16 de Dulhiya de 1362 (correspondiente al 14 de diciembre de 1943), en cuanto se refiere a los servicios públicos, cualquiera que sea su clase y condición, quedando subsistente aquella disposición para los servicios particulares.

Art. 3.º De acuerdo con las disposiciones del Dahir de 13 de octubre de 1944, se crea la CAJA AUTÓNOMA de la Red General de Transportes por Carretera, con plena personalidad jurídica y autonomía económica, intervenida en sus aspectos financiero y contable por el Interventor Delegado de Hacienda en la Delegación de Obras Públicas y Comunicaciones y regida por las disposiciones contenidas en el adjunto Reglamento.

Con cargo a la expresada Caja se satisfarán todos los gastos correspondientes al sostenimiento de la Red, pago del Seguro obligatorio y ejecución del Plan progresivo de Estaciones de Autobuses, adquisición de las actualmente en servicio y, en su caso, contribuir al mejoramiento y conservación de las carreteras.

Art. 4.º Se aprueba y queda en vigor el adjunto Reglamento Orgánico de la Red General de Transportes por Carretera, quedando derogadas cuantas disposiciones se opongan a su cumplimiento y a lo dispuesto en el presente Dahir.

Art. 5.º Queda facultado el Delegado de Obras Públicas y Comunicaciones para dictar las disposiciones reglamentarias que exijan el mejor desarrollo y cumplimiento de este Dahir y Reglamento que lo acompaña.

Los que esto leyeren obren a tenor de lo que se dispone, sin extralimitación.

Y la paz.

En Tetuán, a 18 de Chaaban de 1364. (Correspondiente al 28 de julio de 1945.)

* * *

VISTO el Dahir expedido en esta fecha por S. A. I. el Jalifa Muley el Hassan ben el Mehdi ben Ismail, creando la Red General de Transportes por Carretera en la Zona de Protectorado y aprobando y poniendo en vigor el correspondiente Reglamento, vengo en promulgar y disponer la ejecución del referido Dahir.

Dado en Tetuán, a 28 de julio de 1945.

EL ALTO COMISARIO,

CAPÍTULO I

Fines de la RED

Artículo 1.º Se crea en la Zona de Protectorado de España en Marruecos la RED GENERAL DE TRANSPORTES POR CARRETERA, como Organismo directivo y fiscal de todas las actividades del transporte en servicio público de viajeros y mercancías, por las vías del Protectorado.

Dicho Organismo estará integrado en los Servicios de la Delegación de Obras Públicas y Comunicaciones y bajo la inspección directa del Delegado Jefe de los Servicios.

Como Director de la Red, se designará un Ingeniero de la plantilla de la expresada Delegación, auxiliado en sus funciones por el personal facultativo necesario y el personal administrativo que figura en las plantillas asignadas a la Red, según detalle del Anexo número 1.

Art. 2.º La Red estará constituída por sus servicios propios centrales, establecidos en Tetuán, que absorberán las funciones de las Regiones de Yebala y Chauen, y por la organización regional desplegada que preconiza el párrafo 2.º del artículo 1.º del Reglamento para el servicio de transportes colectivos de viajeros y para los servicios públicos de transporte de mercancías, aprobado por Dahir de 4 de noviembre de 1942. (*B. O.* número 32.)

Art. 3.º Serán misiones específicas de la Red.

a) La ordenación, coordinación y fiscalización de los transportes de viajeros y mercancías en servicios públicos, con la amplitud y detalle establecido por el Reglamento de 4 de noviembre de 1942 o disposiciones que en lo sucesivo se dicten.

b) La inspección del tráfico y de los vehículos, conforme a las

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

disposiciones del Reglamento de Policía y Conservación de Carreteras y a las del Reglamento de Circulación de 25 de julio de 1929.

c) La cobertura del Seguro obligatorio a favor de viajeros y terceras personas y cosas, para los servicios públicos, de acuerdo con las disposiciones del presente Reglamento.

d) El estudio y establecimiento, con recursos propios, de una Red de Estaciones de Autobuses en la Zona de Protectorado.

CAPÍTULO II

Del personal

Art. 4.º El personal perteneciente a Cuerpos o Carreras de España o a la Administración del Majzén, mientras pertenezcan a la plantilla de la Red, figurará en situación de supernumerario o «excedente activo». Se exceptúan de esta disposición el Ingeniero Director y el personal de los Cuerpos facultativos de Obras Públicas, con el fin de obtener un total aprovechamiento de su actividad.

El expresado personal de la Red será designado por libre elección del Delegado de Obras Públicas y Comunicaciones, a propuesta del Ingeniero Director. Percibirán sus haberes con cargo a los fondos de la Caja Autónoma y tendrán las consideraciones, obligaciones y derechos que, con carácter general, establece el vigente Estatuto del personal al servicio de la Administración, salvo en el caso de cese, que, como en el nombramiento, se decretará por libre decisión de la autoridad expresada y sin derecho para el funcionario a reclamación alguna.

El personal de Cuerpos o Carreras de la Península o Protectorado recibirá su nombramiento y cese en la misma forma establecida para el resto de la plantilla, pero devengarán los gastos de incorporación y marcha en cuantía de los viáticos reglamentarios, que se regulará por la categoría que ostenten en la Red.

Los funcionarios de la Red en sus relaciones con los Organismos de la Zona de Protectorado, gozarán de las consideraciones y derechos que les correspondan, según su categoría, que se determinará a efectos de asimilación por la que resulte con arreglo al sueldo que perciben y clasificación que corresponda, conforme al devengo en relación con las categorías administrativas detalladas en el Estatuto General de Funcionarios de la Zona.

Art. 5.º El personal afecto a la Red desempeñará sus funciones en general conforme a las disposiciones que regulan los servicios de la Administración de la Zona y, en particular, de acuerdo con el presente Reglamento y las instrucciones de régimen interior que se dicten por el Delegado de Obras Públicas o por el Ingeniero Director del Servicio, aplicando en la Organización y tramitación de asuntos las disposiciones contenidas en el vigente Reglamento de Procedimiento Administrativo.

Para los servicios que el Ingeniero Director estime deben ser prestados por el personal uniformado y, en general, para todos los funcionarios de la Red, se establecerá un uniforme con los emblemas de la Red y los distintivos de la categoría administrativa de cada funcionario.

CAPÍTULO III

De las Estaciones de Autobuses

Art. 6.º De acuerdo con lo establecido en el apartado *d*) del artículo 3.º del presente Reglamento, corresponderá a la Red el establecimiento y explotación de la organización desplegada de Estaciones de Autobuses en un plan progresivo, cuyo desenvolvimiento incumbirá al Cuadro técnico de la Red, así como la inspección de las obras.

Art. 7.º Corresponderá a la Red la explotación de las Estaciones de Autobuses que, por consecuencia de este Reglamento, pasen a formar parte de la misma o que, en lo sucesivo, se construyan.

Art. 8.º Queda facultada la Red para arrendar los servicios en las Estaciones de Autobuses, clasificados en el concepto de restaurantes, despachos y oficinas, etc., mediante canon de arrendamiento que engrosará los recursos económicos de la Caja Autónoma en el concepto genérico «Explotación de Estaciones de Autobuses, al que se aplicará, asimismo, el ingreso por publicidad en las Estaciones.

Art. 9.º El establecimiento de la Red de Estaciones y el estudio de los proyectos parciales de las mismas, en el posible despliegue, se adoptará a una gama de tipos denominados: Estación de Término, Estación Principal, Estación Comarcal, Apeadero, Estación con servicios de Aduana y Estación Sub-Urbana.

Los edificios proyectados consignarán previstas ampliaciones hasta el grado que en 50 años se prevea pudiera alcanzar, admitiendo la posibilidad de convertir cualquiera de ellas en otra categoría superior.

Art. 10.º Las Estaciones de Término estarán previstas de servicios auxiliares, con hangar cubierto, taller de reparaciones urgentes, estación de abastecimientos, señales eléctricas, vestíbulo de viajeros, cabinas telefónicas, restaurantes, cantinas y servicios higiénicos, diferenciados para europeos y musulmanes de ambos sexos. Las Estaciones Principales tendrán las características generales de la anterior, pero substituyendo el hangar cubierto por una marquesina, tolerándose la interferencia de vehículos y viajeros, pero estudiada su separación posterior. Las Estaciones Comarcales serán análogas a las Principales y tendrán una disposición de andenes de carga y descarga y marquesina, teniendo en cuenta sus previsiones de posible ampliación a una de Término. Y las Locales, las mismas características de andenes y marquesinas y las generales de una Estación Principal y Comarcal, con previsiones de ampliación hasta de Estación Principal.

Art. 11.º Los organismos y servicios de que deben estar provistas las Estaciones de Autobuses referidos a su explotación, con inclusión de plantilla de personal, formarán un estudio anexo al Proyecto de construcción del edificio.

Art. 12.º Los servicios de la Red General de Transportes por Carretera, tanto en Tetuán como en las Regiones, tendrán su alojamiento en la propia Estación de Autobuses respectiva, en la que, además, existirán locales para los servicios de Correos, Policía, Aduanas y cuantos oficiales se establezcan.

Art. 13.º Las Empresas de Transportes dispondrán en las Estaciones de locales para Oficinas con un puesto de despacho y su parte de taquilla para la venta de billetes. El servicio de equipajes, desde su entrega, podrá ser colectivo, quedando a cargo del personal de factores de la plantilla de cada Estación y depositado en los correspondientes almacenes. Idéntica medida podrá acordar la Red para el despacho de billetes.

Art. 14.º Los apeaderos cumplirán el doble fin de servir como punto de etapa, jalonamiento, vigilancia y socorro en la ruta y el de permitir un futuro tráfico, entre puntos intermedios de la propia ruta, según convenga al interés rural, apreciado en cada caso por los Organismos interesados y por la Red de Transportes. Tales construcciones se limitarán a un local, compuesto de Oficina, con teléfono, botiquín, reserva de grasas y carburantes, piezas de repuesto y alojamiento para un Agente de Servicio y un refugio eventual para vigilancia de carreteras.

Art. 15.º Los ingresos que produzca la explotación de Estaciones de Autobuses formarán un solo concepto en los fondos de la Caja Autónoma y los gastos de la misma pasarán a formar parte del presupuesto anual de la Red General. En ningún caso, las Estaciones de Autobuses y los usuarios de ellos estarán gravados con impuestos de orden municipal alguno.

Art. 16.º El transporte de mercancías en los vehículos de viajeros despachados en las Estaciones de Autobuses devengarán un impuesto especial de carga y descarga, por tonelada-kilómetro de recorrido que haga la mercancía y que irá, asimismo, al concepto general de explotación.

Art. 17.º Por la inspección, conservación y construcción de las Estaciones de Autobuses, devengará el personal técnico y facultativo de la Red las indemnizaciones que corresponden, según la categoría del funcionamiento y la tarifa que se marque, de acuerdo con las actualmente establecidas en otros Servicios de la Delegación de Obras Públicas.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CAPÍTULO IV

Del Seguro obligatorio de viajeros a favor de terceras personas o cosas

Art. 18.º Como complemento a las disposiciones del Dahir de 14 de diciembre de 1943, que estableció el Seguro obligatorio en la Zona de Protectorado a favor de viajeros, terceras personas y cosas damnificadas, se convierte el expresado servicio de Seguros en función estatal, cuyo desarrollo y ejecución corresponderá a la Red General de Transportes por Carretera, bajo el presente Reglamento.

Art. 19.º El Seguro a favor de viajeros que se establece con carácter general, alcanzará a todas las personas transportadas en los vehículos de servicio público dedicados al transporte de viajeros: autobuses, trolebuses, auto-taxímetros o cualquier otra modalidad de transporte colectivo de personas que en el porvenir se establezca.

Art. 20.º Serán indemnizables toda clase de accidentes comprendidos en el Seguro, aunque las causas determinantes provengan de atentado criminal, guerra, revolución, motín, tumulto popular, sedición, rebelión y demás causas fortuitas de fuerza mayor propiamente dichas.

Art. 21.º Quedan comprendidos en el Seguro los menores, que, por su edad, están exentos del pago de billete; el propietario y empleados de la Empresa, así como familiares, y, en general, todos aquéllos que usen pase concedido por la Empresa. Sus nombres figurarán en la Hoja de Ruta y abonarán la prima del Seguro correspondiente. Quedan exceptuados el conductor y el cobrador, por estar comprendidos en la Ley de Accidentes del Trabajo.

Los funcionarios y Agentes de la autoridad, que por viajar en acto de servicio estén exentos del pago de billete, también lo están de abonar la prima del Seguro, pero, en este caso, no tendrán derecho a acogerse a sus beneficios.

Las fuerzas de los Ejércitos de Tierra, Mar y Aire, cuando viajen con pasaporte oficial, no tendrán la obligación de pagar la prima del Seguro, si no desean acogerse a sus beneficios.

Siempre que la Empresa reciba indemnización, sea en la forma que fuere, por el transporte de un viajero, queda obligada a la percepción de la prima correspondiente.

No se satisfará indemnización alguna a accidentados que no figuren en la Hoja de Ruta del vehículo en que se ocasionan las lesiones y en la que deberá consignarse haber satisfecho la correspondiente prima del Seguro.

Art. 22.º El Seguro protege al asegurado desde el momento de la subida al carruaje hasta que lo haya abandonado al término del viaje. Los daños que por cualquier accidente sufra el viajero fuera del mismo cuando se haya apeado en alguna parada intermedia, no están comprendidos en el Seguro. Tampoco se comprenden los casos de subida al vehículo o bajada del mismo si mediase imprudencia por parte del viajero.

Art. 23.º Es indemnizable todo accidente en que concurran las condiciones siguientes:

a) Que produzca la muerte o alguna de las incapacidades permanentes o temporales señaladas en el vigente Reglamento de Accidentes de Trabajo de la Zona de Protectorado.

b) Que sea consecuencia directa de choque, vuelco, alcance, despiste, rotura, explosión, incendio, golpe exterior o cualquiera otra avería del carruaje o anormalidad durante el viaje.

Art. 24.º Las indemnizaciones a percibir por los asegurados o beneficios en su caso, serán específicamente, en caso de muerte, 30.000 pesetas, si ocurre en el acto del accidente o por consecuencia del mismo, dentro del año siguiente a su fecha.

La incapacidad total permanente se indemnizará con 30.000 pesetas, y la incapacidad parcial permanente, en la cuantía de 20.000 pesetas.

Art. 25.º La curación de las lesiones será indemnizada en la siguiente forma:

Las calificadas «leves» serán indemnizadas a razón de 30 pesetas diarias, durante un período máximo de 60 días.

Las calificadas «no leves» serán indemnizadas a razón de 50 pesetas, durante un período máximo de 360 días.

Las calificaciones médicas de «grave» o «leve» serán apreciadas por los Servicios Médicos de la Zona, encomendándose esta misión a los Inspectores Locales de Sanidad, que podrán realizarla por sí o delegando la función en los Médicos del Cuerpo de Sanidad de la Zona destinados a sus órdenes, salvo que la Red General de Transportes designe médico que, con carácter permanente, ejerza la función; siendo en uno y otro caso sin remuneración, pero percibiendo derechos especiales por cada persona reconocida, a satisfacer con cargo a los fondos de la Caja Autónoma de la Red.

Para todos los efectos de determinación de lesiones o incapacidades se observarán las fórmulas que el Reglamento de Accidentes de Trabajo establece en la Zona de Protectorado.

Mientras dure la curación de las lesiones, la Red General de Transportes podrá disponer que los lesionados sufran tantos nuevos reconocimientos como convenga o se estime, en evitación del pago de indemnizaciones que no correspondan.

Art. 26.º En los casos de muerte serán beneficiarios de la indemnización aquellos herederos legales a quienes corresponda, con arreglo a la condición jurídica del accidentado, mediante declaración de herederos expedida por los Tribunales hispano-jalifianos de la Zona o por los Tribunales Cheránicos marroquíes, que se unirá, en todo caso, al expediente que motive la indemnización.

En toda determinación de accidente de vehículo de transporte de viajeros, se solicitará por las autoridades gubernativas o por los Tribunales el informe técnico emitido por el Ingeniero Director de la Red, que servirá, asimismo, para su unión al expediente de indemnizaciones del siniestro.

Art. 27.º En los billetes nominativos de las Empresas, que deben expedir a los viajeros conforme al Reglamento de Transportes de 4 de noviembre de 1942, se hará constar el importe de la prima del Seguro cobrada, que también se reflejará en la Hoja de Ruta del carruaje. A los que viajen sin satisfacer billete, se les expedirá, no obstante, tal documento, pero dejando en blanco la casilla del importe y detallando solamente la prima del Seguro satisfecha.

Art. 28.º La cuantía del Seguro se fija en 0,0075 pesetas, por viajero-kilómetro, que se percibirá por la Red, por trimestres adelantados a base de cálculo, según las líneas y servicios autorizados a las Empresas, presentándose al final de trimestre la liquidación definitiva, confeccionada de acuerdo con las Hojas de Ruta y mediante el documento señalado como Anexo número 2, que servirá para una y otra operación, pero llevando la del final de trimestre el señalamiento de «Definitiva».

A este respecto, las Empresas vienen obligadas a justificar diariamente copia autorizada de las Hojas de Ruta correspondientes a los servicios del día, que se entregarán bien en Tetuán o en las Oficinas Regionales de la Red.

Art. 29.º Las Empresas de transportes de viajeros reflejarán en su contabilidad el importe de las primas recaudadas para el Seguro, cerrando cuenta trimestral que, necesariamente, coincidirá con la cantidad que figure en la liquidación que practique la Red. Tales liquidaciones se harán efectivas en la Red por las Empresas, en plazo de cinco días, a contar del de su presentación al cobro y siguientes al del vencimiento del trimestre a que se refieran.

Art. 30.º En ruta, los cobradores aplicarán el pago de la prima del Seguro a quienes tomen asiento en el trayecto y los incluirán en la Hoja de Ruta, percibiéndose en estos casos la totalidad de la prima que corresponda al trayecto si el viajero toma asiento en el carruaje antes de la mitad del recorrido, y el 50 % de ella si la persona a transportar empieza su viaje en la mitad o más adelante del trayecto.

Art. 31.º Las reclamaciones que se produzcan, bien por el público o por las Empresas de transportes serán interpuestas ante la Dirección de la Red; a tal fin, en todas las Estaciones se dispondrá de un Libro de Reclamaciones a cargo del Jefe de la Estación, que las resolverá de acuerdo con las disposiciones de este Reglamento, o las que en lo sucesivo se dicten, en

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

un plazo máximo de veinte días; y de cuyas resoluciones podrá interponerse recurso de alzada ante el Ilmo. Sr. Delegado de Obras Públicas y Comunicaciones.

Art. 32.º La Red General de Transportes podrá acordar cuantas comprobaciones considere pertinentes sobre la documentación contable y de todas clases de las Empresas de transporte, para la mejor ejecución de las disposiciones de este Reglamento, y, en general, el personal afecto a la Red se considerará permanentemente en servicio cuando haga uso de las líneas de viajeros, tanto en su permanencia en estaciones como durante el recorrido, a cuyo fin serán provistos de un documento que les acredite como tales funcionarios.

Art. 33.º Los servicios de Zocos, ferias, fiestas y otros de carácter turístico que se realicen por las Empresas de transportes de viajeros quedan, asimismo, sujetos al Seguro obligatorio en la misma forma y cuantía establecida por el presente Reglamento.

El Seguro comprenderá el número total de asientos útiles del vehículo que realice el transporte, pero con exclusión del conductor y cobrador, que tendrán su riesgo cubierto por la Empresa, con arreglo a las disposiciones que lo establecen en los accidentes del trabajo de la Zona.

Art. 34.º Con independencia del anterior Seguro, se establece asimismo con carácter general el de daños a terceras personas o cosas, que se aplicará a la siguiente proporción:

50.000 pesetas, por vehículo y siniestro, en los autobuses de viajeros, trolebuses, etc., desde nueve plazas útiles en adelante.

50.000 pesetas para toda clase de vehículos de mercancías en servicio público.

25.000 pesetas para toda clase de vehículos auto-taxímetros y los no comprendidos en las anteriores clasificaciones.

El pago de las primas correspondientes a este Seguro establece en 600 pesetas anuales, pagaderas por anualidades completas o trimestres adelantados, en las Oficinas de la Red, no pudiendo circular en servicio público alguno que no hubiera satisfecho la prima correspondiente.

Los vehículos auto-taxímetros gozarán de la cobertura a su favor de otras 25.000 pesetas en el Seguro, que serán destinadas a indemnizar las lesiones o accidentes de las personas transportadas, con exclusión del conductor, satisfaciendo el propietario una prima anual de 600 pesetas por los dos seguros que se le aplican.

Art. 35.º Las primas correspondiente a la garantía de 50.000 pesetas que establece el artículo 34.º para los vehículos de transporte de mercancías en servicio público, estarán incrementadas en un dos por ciento sobre el importe de los portes cobrados al transportista, a deducir de los mismos, que servirán además para satisfacer los derechos de guías, que en cada viaje vienen obligados a obtener y, en su día, para satisfacer el impuesto de Estaciones de autobuses, por carga y descarga y uso de la Estación, cuya cantidad será independiente de la que corresponda según el artículo 16 del presente Reglamento.

La circulación de un vehículo de transporte en servicio público sin que su conductor vaya provisto de la guía correspondiente para el viaje, expedida por las Oficinas de la Red, a más de las sanciones que determina la infracción del Reglamento de Transportes de 4 de noviembre de 1942, dejará sin efecto la cobertura del riesgo del Seguro, aun cuando estuviere satisfecha la prima.

CAPÍTULO V

De la Caja Autónoma y su administración

Art. 36.º La Caja Autónoma de la Red General de Transportes por Carretera tiene por objeto atender a las necesidades y desenvolvimiento económico de la organización, teniendo para ello plena capacidad jurídica y autonomía económico-administrativa, estando intervenida en sus aspectos financiero y contable por el Interventor Delegado de Hacienda de la Delegación de Obras Públicas y Comunicaciones.

Art. 37.º El capital de la Caja estará constituído:

a) Por los ingresos que se produzcan como consecuencia de la aplicación del Seguro obligatorio y de las demás disposiciones contenidas en el presente Reglamento.

b) Por los bienes muebles que figuren en sus inventarios.

c) Por las Estaciones de Autobuses, que, con recursos propios, adquiera o construya la Red.

d) Por los ingresos que produzcan el arriendo de servicios y la explotación de las Estaciones de Autobuses.

e) Por los intereses que produzcan sus depósitos o sus valores.

Art. 38.º A los efectos de imposición, se tendrá presente que la Caja Autónoma constituye un organismo de la Administración del Majzén, al que se faculta para usar del apremio administrativo en cuanto al cobro de sus créditos y para promover la actuación de la vida judicial.

Art. 39.º Anualmente, se formulará para atender al sostenimiento de la Red un presupuesto que, una vez aprobado por la Junta Administrativa de la misma, se someterá a conocimiento de la Alta Comisaría, pasando copia, asimismo, al Interventor Delegado de Hacienda en la Delegación de Obras Públicas y Comunicaciones, Interventor de la Caja a los mismos efectos de conocimiento y constancia.

Art. 40.º Sin perjuicio de la alta dirección que corresponde a la Superioridad, la Caja Autónoma de la Red estará regida por una Junta Administrativa y por el Ingeniero Director Jefe del Servicio, como Ordenador de Pagos.

La Junta Administrativa estará formada por el Ilmo. Sr. Delegado de Obras Públicas y Comunicaciones, Inspector de la Red, como Presidente; por el Ingeniero Director, como Vicepresidente, y como Vocales, por el Delegado Interventor de Hacienda, el Jefe de los Servicios administrativos de la Red y el Jefe de Contabilidad de la misma.

Art. 41.º La Junta Administrativa conocerá los estudios, presupuestos y proyectos para la construcción de estaciones de autobuses o las obras de su mejoramiento y conservación, siendo, además, sus atribuciones:

a) Conocer, informar y aprobar los presupuestos anuales de la Red y los extraordinarios que se soliciten.

b) Acordar el pago de las indemnizaciones que correspondan a siniestros comprendidos en el Seguro, a la vista de los expedientes terminados que presenten los Inspectores del Seguro con la aprobación del Ingeniero Director.

c) Aprobar las condiciones de las adquisiciones de importancia que fuera de los créditos anuales haya de adquirir la Red.

d) Examinar el Balance anual correspondiente al capital de la Organización, acordar su aprobación y determinar los créditos que del total remanente puedan destinarse en cada anualidad a la ejecución del Plan de Estaciones de Autobuses.

e) Informar y acordar sobre todos aquellos asuntos que se sometan a la Junta Administrativa.

Todos los fallos y decisiones de la Junta Administrativa recaerán sobre propuestas o informes previos de la Dirección de la Red.

La Junta Administrativa se reunirá a petición del Ingeniero Director de la Red o por acuerdo directo del Ilmo Sr. Delegado de Obras Públicas y Comunicaciones.

Art. 42.º Los acuerdos de la Junta Administrativa serán ejecutados por el Director de la Red, quien asumirá, además, las atribuciones directivas que no estén expresamente conferidas a aquélla y ostentará la responsabilidad, firma y representación de la Caja en cuantos actos y cometidos dimanen de la personalidad conferida por este Reglamento, así como con los derivados del funcionamiento administrativo de la Red, ordenando por sí o por delegación los ingresos y los gastos que estuvieren dentro de las partidas y créditos del presupuesto anual.

Art. 43.º La relación de pagos efectuados, con los respectivos justificantes, se remitirán mensualmente por la Red, al interventor Delegado de Hacienda, para que efectúe su misión específica de comprobar que todos los gastos se encuentran justificados y que fueron previamente ordenados por el Ingeniero Director; anotándolo en el Libro de Intervención y poniendo su

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ANEXO NÚM. 1

DELEGACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES

RED GENERAL DE TRANSPORTES POR CARRETERA

PLANTILLA DETALLADA CORRESPONDIENTE A LA ORGANIZACIÓN DE LA EXPRESADA RED

DESIGNACIÓN DEL SERVICIO	PLANTILLA	MISIÓN
Dirección:	1 Ingeniero Jefe 1 Ayudante de O. P. 1 Jefe Servicios administrativos 1 Auxiliar 3 Ordenanzas 1 Conductor	Dirección de la Organización, obras, centralización, estudios, proyectos, personal y asuntos generales de la Red.
Negociado de Vehículos:	1 Auxiliar 1 Oficial	Reconocimientos vehículos, preparación expedientes y actas resultados, Permisos de Conducir y de Circulación, denuncias y multas y tráfico que no sea de servicio público.
Negociado de Transportes:	1 Oficial 2 Auxiliares	Ordenación de las concesiones de viajeros y mercancías; ordenación de tarifas, horarios e itinerarios, sanciones en servicio público, expedición de licencias y neumáticos y asuntos generales de los servicios de explotación del transporte por carretera.
Negociado de Contabilidad:	1 Jefe de Contabilidad 2 Auxiliares ídem 2 Inspectores de Seguros 1 Auxiliar	Contabilidad general de la Red, Caja Autónoma, ingresos y pagos, percepción de primas de Seguros, cuentas, Inspección del Seguro, propuestas de indemnización y asuntos generales de contabilidad.
Negociado de Estadística:	1 Oficial 1 Auxiliar	Folletos y publicaciones, «Boletín Informativo de la Red», estadísticas de todas clases y datos de recopilación y estudio, tanto de los transportes como de los caminos.
Negociado Guías y Carburantes:	1 Oficial 4 Auxiliares (1)	Expedición de guías para el transporte de mercancías, asignación de cupos de carburantes, fijos y diarios, distribución regional del carburante y ordenación de turnos del transporte de mercancías.
Registro y Archivo.	1 Oficial 1 Auxiliar	Registro de entrada y salida de la Organización central, registros de las matriculaciones y de Permisos de Conducir, ficheros de propietarios y conductores y archivo general de la Red.
Servicios regionales		
Tánger.	1 Ayudante de O. P. 2 Auxiliares 1 Ordenanza	
Larache:	1 Ayudante de O. P. 1 Oficial 3 Auxiliares (2) 1 Ordenanza	
Villa Sanjurjo:	1 Ayudante de O. P. 1 Oficial 2 Auxiliares (3) 1 Ordenanza	
Beni Enzar:	1 Ayudante de O. P. 1 Oficial 2 Auxiliares 1 Ordenanza	

RESUMEN DE LA PLANTILLA

1 Ingeniero Director	Plantilla de O. P.
5 Ayudantes de O. P.	Idem.
1 Jefe Servicios Administrativos.	
1 Jefe de Contabilidad.	
2 Inspectores del Seguro	
2 Auxiliares de Contabilidad	
8 Oficiales	
20 Auxiliares	
1 Conductor	
7 Ordenanzas	

(1) Uno destacado en Chauen.
(2) Uno destacado en Alcazarquivir y otro en Arcila.
(3) Uno destacado en Targuist.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ANEXO NÚM. 2

DELEGACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES

RED GENERAL DE TRANSPORTES POR CARRETERA

LIQUIDACIÓN *que se formula a la empresa de transportes colectivos de viajeros* ....., *con residencia en* ....., *por el concepto de primas del Seguro obligatorio de viajeros, durante el* ..... *trimestre de 194*.....

LINEA	Número de viajes autorizados	Kms. recorridos en los dos sentidos por día	Material en servicio	Número de plazas	Coeficiente de viajeros al trimestre	Importe del 0,0075 a ingresar *Pesetas*	*Cts.*
			Totales.....				

Importa la presente liquidación las figuradas ..... *pesetas con* ..... *céntimos.*

Tetuán, a ..... *de* ..... *de 194*.....

EL INGENIERO DIRECTOR,

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

visado en la cuenta original, que devolverá a la Jefatura de la Red.

Art. 44.º La contabilidad se organizará en forma clara, por conceptos de ingresos y pagos, de forma que por el estado de la Caja y Balance del Banco se conozca en todo momento la situación económica de la Red. Las existencias en Caja se reducirán al mínimo indispensable, apreciado por el Ingeniero Director, estando el resto en Bancos, a través de los cuales se establecerá un sistema de pagos mediante cheques, que deberán llevar las firmas conjuntas del Interventor Delegado de Hacienda y del Ingeniero Director de la Red.

Se abrirá cuenta corriente a nombre de la «Caja Autónoma de la Red General de Transportes por Carretera», en la Banca Oficial y cuando devengue intereses serán acumulados a los recursos de la Red.

Las funciones de Pagador de la Red estarán encomendadas a un funcionario del Negociado de Contabilidad de la misma.

DISPOSICIONES GENERALES

Art. 45.º Las infracciones que se observen en el cumplimiento de las disposiciones del presente Reglamento serán sancionadas con multa no inferior a cien pesetas ni superior a tres mil pesetas, salvo que por S. E. el Alto Comisario, a propuesta del Delegado de Obras Públicas y Comunicaciones, se acuerde mayor sanción.

Art. 46.º Las disposiciones que con carácter general se dicten, las órdenes y asuntos de general interés para las Empresas y los viajeros o que correspondan a detalles y explicación de las obligaciones de ambos, se publicarán en el «Boletín Informativo de la Red», cuyo conocimiento será obligatorio para los transportistas.

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Primera. Por la Caja General de Créditos de la Zona se hará un empréstito de 200.000 pesetas a la Red General de Transportes por Carretera, para los gastos e instalación y desenvolvimiento inicial, cantidad que reintegrará de las primeras recaudaciones que se obtengan, dando comienzo la actuación de la Red al comienzo del cuarto trimestre del año 1945, o sea el 1.º de octubre próximo, a cuyo fin se entenderán caducadas desde la expresada fecha todas las Pólizas de Seguros de las Empresas de transportes de viajeros o mercancías, suscritas con las Compañías de Seguros operantes en la Zona de Protectorado.

Segunda. Las Estaciones de Autobuses construídas por otras Entidades y actualmente en explotación, pasarán a la Red antes del 31 de diciembre de 1945. Si se juzgan apropiadas para el servicio definitivo de la Red se expropiarán a base de su valor en construcción, deduciendo de él el demérito que por razón de su empleo y del tiempo hayan sufrido, según valoración contradictoria entre el ingeniero de la Red y la representación de la Entidad actualmente explotadora.

Para no perturbar el equilibrio económico de las Entidades que actualmente las explotan, podrán continuar percibiendo los impuestos que actualmente les corresponden durante un plazo de tres años, a partir del completo pago de la Estación por la Red.

Las Estaciones que actualmente están en construcción quedaran sometidas desde 1.º de octubre de 1945 a la inspección técnica permanente del Ingeniero Inspector de la Red y serán expropiadas a medida que los recursos de ésta lo permitan. La percepción de impuestos semejantes a los anteriores sólo se percibirán en el caso de que a su inauguración no hayan sido expropiadas y hasta un año después de su total pago por la Red.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 134. - La turbina de combustión como medio propulsivo

Autor: D. FERNANDO MEDIALDEA OLIVENCIA
Ingeniero Aeronaútico

Es sin duda la turbina de combustión el motor térmico dedicado a obtener preponderancia completa, sobre los demás tipos de motor análogos, en un futuro muy próximo. Su importancia es doble, pues cabe considerarla tanto como un motor propiamente dicho, o como el organismo complementario en otros tipo de motores. Ejemplo de esto último lo tenemos en la propulsión aérea por reacción y en el motor «compound».

Con objeto de poner de manifiesto los factores que influyen en el rendimiento y a los cuales nos referiremos después, exponemos el sencillo cálculo termo-dinámico que nos da el rendimiento en función de dichos elementos.

En el diagrama entrópico y en la fig. 1 está representado el

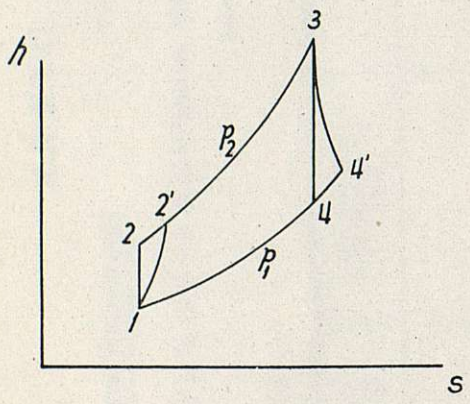


Fig 1

ciclo teórico 1-2-3-4, de una turbina de combustión simple, pero ese mismo ciclo en la realidad será el 1-2'-3'-4'. Siendo la energía de expansión $h_3 - h_4$, la de compresión $h_2 - h_1$, y la aportada $h_3 - h_2$, el rendimiento viene expresado por

$$\eta_t = \frac{(h_3 - h_{4'}) - h_{2'} - h_1)}{h_3 - h_{2'}}$$

Los cocientes

$$\frac{h_{2'} - h_1}{h_{2'} - h_1} \text{ y } \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4'}}$$

representan el rendimiento adiabático del compresor y expansión de la turbina η_{ac} y η_{at}, y puesto que los trabajos de compresión y expansión $T_c = h_{2'} - h_1$, $T_e = h_3 - h_4$ para el mismo salto de presiones, son proporcionales a las temperaturas absolutas T_2 y T_3, resulta como expresión del rendimiento con el factor de proporcionalidad K

$$\eta_t = \frac{T_e\,\eta_{at} - \frac{T_c}{\eta_{ac}}}{h_3 - h_{2'}} = K\,\frac{T_3\,\eta_{at} - \frac{T_2}{\eta_{ac}}}{h_2 - h_{2'}}$$

El rendimiento η_t de la turbina de combustión se mejora, pues, como indica la última fórmula, a igualdad de los demás elementos, cuanto más alta es la temperatura final de combustión T_3, cuanto mayor es el rendimiento adiabático de la turbina y compresor o cuanto menor es la cantidad de combustible utilizado para la energía aportada $h_3 - h_2$.

De todos estos factores, unos tienen de momento carácter insuperables y los otros son de dificultad constructiva o económica, según la aplicación de la máquina.

El aumento de T_3 sólo se consigue mejorando los aceros actuales para que puedan soportar temperaturas de trabajo superiores a los 800º-850º C. alcanzadas hoy por los gases en los propulsores aéreos por reacción, de los rendimientos η_{at} y η_{ac} ya no resulta una utopía hablar de valores próximos al 90 %, y en cuanto a la disminución de combustibles suministrados al ciclo para alcanzar el mismo valor $h_3 - h_2$, el empleo de cambiadores de calor eficientes sin producir contrapresión resuelve en buena parte el problema.

A título de ejemplo que nos sirve de base para exponer nuestros comentarios, hemos obtenido las curvas de la fig. 2 con unos valores más bajos $\eta_{at} = 0{,}83$; $\eta_{ac} = 0{,}8$ pero ya se ha hecho deliberadamente por no considerarse otros tipos de rendimientos (de combustión, mecánico, etc.), que aparecen al realizar el ciclo práctico. Cada curva indica la variación del rendimiento de una turbina simple para distintos valores de la relación de presiones p_2/p_1 a la entrada y salida del compresor y supuesta una relación r aire-combustible fija, expresada para más generalidad en Kgs. de aire por KCal. Nótese que cada curva no representa una temperatura fija de entrada en la turbina, por depender ésta no sólo de exceso de aire, sino de la presión final de compresión.

Del examen de los gráficos se deduce inmediatamente la con-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

veniencia de aumentar la relación de presiones cualquiera que sea la cantidad de aire empleado en la combustión. Cada curva presenta un máximo para una relación determinada p_2/p_1, siendo perjudicial el operar con relaciones superiores a dicho valor. Se observa también, que cuanto menor es la cantidad de aire por

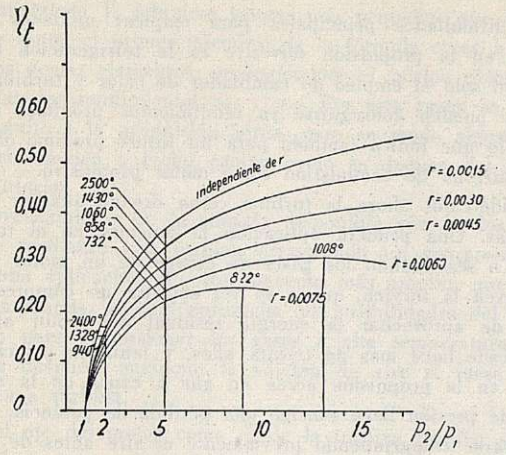


Fig. 2

KCal tanto más grande es la relación p_2/p_1 que corresponde al valor máximo del rendimiento. La presión de trabajo más adecuada está, pues, íntimamente ligada al exceso de aire empleado.

Dentro de cada curva figuran las temperaturas que se alcanzarían para diferentes valores de la relación de presiones y con un rendimiento adiabático del compresor $\eta_{ac} = 0{,}8$, de donde se deduce que a temperaturas de entrada en la turbina iguales, pueden corresponder rendimientos diferentes según la cantidad de aire por KCal. Tal podía ser el caso de un ciclo realizado con poco aire y baja relación p_2/p_1 y otro de mayor valor para ambos términos. Por eso, cuando se indica que el rendimiento de una turbina de combustión crece con la temperatura, ha de sobreentenderse, en consecuencia, que se conserva la relación de presiones p_2/p_1. El efecto de esta relación sobre la temperatura tiene tanta más influencia cuanto mayor es el valor considerado.

Si en la fig. 2 suponemos trazada una línea horizontal por el punto de abscisa $p_2/p_1 = 5$ de la curva $r = 0{,}0075$, obtendremos por su intersección con las demás, puntos de igual rendimiento, pero todos ellos a base de temperaturas más elevadas. En el caso que consideramos y con $r = 0{,}0015$ (que corresponde sensiblemente a la combustión teórica de keroseno), se obtendría una temperatura superior a 2.400° C. y una relación de presiones $p_2/p_1 = 2{,}5$, para alcanzar el mismo rendimiento térmico $\eta = 0{,}22$, que con $r = 0{,}0075$; $p_2/p_1 = 5$ y una temperatura de 732° C. La diferencia, en ambos casos, de la relación de presiones no guarda paralelismo con el enorme salto de temperaturas.

Dadas las dificultades de conseguir materiales que resistan elevadas temperaturas de trabajo, existe la posibilidad de ir aumentando los rendimientos η_{at} y η_{ac}, operando además con grandes excesos de aire y fuertes relaciones de presión.

No obstante, en la misma fig. 2 y para $r = 0{,}0075$, puede observarse ya la poca ventaja de emplear relaciones de presión superiores a 5 por el ligero incremento de η_t que ello lleva consigo, comparado con las dificultades de orden constructivo, pero a medida que crece el rendimiento adiabático de la turbina y compresor se obtienen mayores valores para el rendimiento de la turbina de combustión y en el caso límite $\eta_{at} = \eta_{ac} = 1$, resulta entonces independiente de la relación aire-combustible y, por tanto, de la temperatura de combustión, y sólo función de la relación de presiones. La curva (1) de la fig. 2 indica para este último caso los valores límites del rendimiento, cualquiera que sea la temperatura de combustión T_3.

Desde el punto de vista de la propulsión aérea, la turbina de combustión presenta ya unas ventajas que son inherentes al medio en que se desenvuelve, tanto por corresponderle bajas temperaturas de entrada al compresor, como por conseguirse fuertes relaciones de presión, para presiones de trabajo en la cámara de combustión relativamente bajas.

Puesto que el trabajo de compresión T_c para una determinada relación de presiones p_2/p_1, es menor si la temperatura inicial T_1 es baja, resulta que sólo por este concepto se obtiene una mejora en el rendimiento como se deduce de la fórmula que da el valor de η_t, y a su vez, una temperatura de combustión más pequeña.

Para poner de manifiesto la influencia de este punto, en la figura 3 están representadas las curvas de rendimientos, bajo las mismas hipótesis de la fig. 2 para el caso $r = 0{,}0060$, en el supuesto de ser la temperatura inicial 15° C en tierra, o bien — 56° C, que corresponde a la altura estratosférica de 11.000 m. (presión 0,22 Ata).

Por otra parte, puesto que la presión de combustión es el producto del ambiente por la relación de presiones, resulta en valor absoluto tanto más pequeña, cuanto más baja es la inicial p_1.

Como consecuencia de lo dicho si la relación de presiones utilizada es 5, resulta en ambos casos:

En tierra: $\eta_t = 0{,}25$; presión en la cámara de combustión 5 Ata.

Temperatura final de combustión 858° C

En altura: $\eta_t = 0{,}28$; presión de trabajo en las cámaras = $= 5 \cdot 0{,}22 = 1{,}1$ Ata.

Temperatura final de combustión 745° C

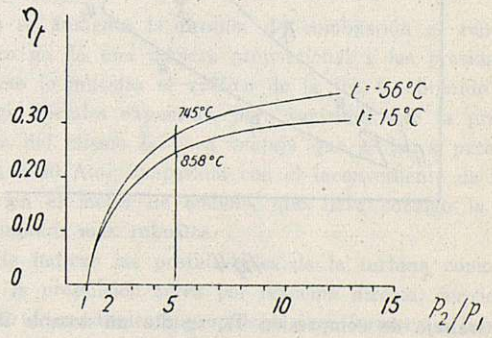


Fig 3

que representa una fuerte ventaja a favor de la turbina de combustión cuando se la considera como medio propulsivo aéreo.

Existe otro factor que pudiéramos llamar indirecto, y que en el caso considerado tiene también importancia extraordinaria. Nos referimos al empuje suplementario producido por los gases de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

combustión a la salida de la turbina. Este empuje, cuyo valor absoluto es el mismo, tanto si la propulsión es terrestre como aérea, en este último caso se traduce en una mayor potencia útil del transporte, debido al mejor rendimiento propulsivo, como tendremos ocasión de ver más adelante.

El empleo de una turbina de combustión con el ciclo simple que venimos considerando, resulta con el estado actual de la técnica, particularmente interesante para la propulsión aérea, consiguiéndose a alturas elevadas rendimientos próximos al motor alternativo, circunstancia ésta, que unida a su sencillez, ligereza, posibilidad de obtener unidades de gran potencia y probable aumento de rendimiento, mejorando los factores que intervienen en el mismo, hacen presumir para un futuro inmediato el desplazamiento total del motor alternativo, de gran potencia, empleado hasta hoy para mover la hélices.

Además de los factores ya indicados para mejorar el rendimiento existen otras posibilidades que nos limitamos a señalar para no salirnos del objeto de este trabajo, y que constituyen una importante mejora del rendimiento en las turbinas de combustión aplicadas a la propulsión terrestre y que no pueden aplicarse de momento a la aérea, por razones de peso y de desplazamiento.

Estas nuevas variables son, en concreto, la expansión y compresión escalonadas, ésta última con enfriamiento intermedio y el empleo de cambiador de calor al que nos hemos referido para incrementar la temperatura del aire a la salida del último escalón del compresor con los gases procedentes del escape. El mejor resultado se consigue combinando ambos factores, como se deduce de la simple observación de la fig. 4, en el supuesto de dos escalones y enfriamiento intermedio. El cambiador de calor actúa por la diferencia de temperaturas existentes entre la final de compresión T_{2_1} y la de escape T_4, luego cuanto mayor sea esta diferencia más grande será su eficacia, y puesto que el enfriamiento intermedio la favorece, y al mismo tiempo disminuye el trabajo de compresión T_e, resulta un notable incremento de η_t por ambas circunstancias. Para aumentar aún esa diferencia de temperaturas puede hacerse una expansión escalonada con aportación intermedia de combustible ($3 - 3' - 3_1 - 4_1$).

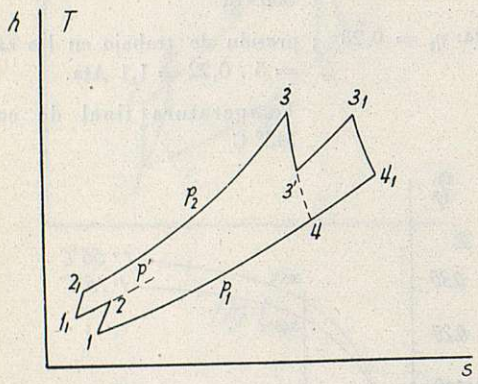


Fig 4

La combinación de todos los elementos señalados da lugar a multitud de variaciones, según los escalonamientos de compresión, la forma de expansionarse los humos y los recuperadores de calor empleados, deduciéndose en cada caso el rendimiento con toda sencillez mediante el empleo de la tabla JS para el aire y productos de combustión.

A título informativo señalamos que con el empleo de cambiadores de calor y turbina y compresor dobles, con diagramas análogos al de la fig. 4 pueden conseguirse rendimientos próximos a 0,5.

Las dificultades principales para emplear unidades de esta especie en la propulsión terrestre es la refrigeración del aire, pero con sólo el empleo de cambiador de calor y turbina de gas sencilla pueden conseguirse ya rendimientos próximos al motor Diesel, lo que indica también para un futuro próximo el empleo de la turbina de combustión como motor propulsivo.

Consideremos ahora la turbina como órgano auxiliar de otras máquinas. Una primera aplicación la tenemos en el turbo-compresor, o sea cuando los gases de escape de un motor alternativo mueven la turvina, que a su vez arrastra un compresor. Esta forma de aprovechar la energía residual del motor alternativo data desde hace más de treinta años, y tenía su principal aplicación en la propulsión aérea en que a causa de la altitud la caída de presión lleva consigo una pérdida de potencia, que puede evitarse comprimiendo previamente el aire antes de ser aspirado por el motor.

Puesto que la pre-compresión del aire puede presentar ventajas de carácter técnico, incluso en la propulsión terrestre, la aplicación del turbo-compresor ha de estudiarse desde un punto de vista más amplio. La utilidad de su empleo radica sencillamente en calcular bajo qué condiciones la expansión de los gases, desde la presión de escape p_e a la ambiente p_1, es capaz de suministrar la energía necesaria para aumentar la presión desde p_1 a la de alimentación del motor p_a.

El problema es lo suficiente complejo para ser tratado en esta ocasión con todo detalle, pero basta observar que cuando se iguala el trabajo de expansión en la turbina al de compresión en el compresor, resulta

$$\eta_{at} \cdot \eta_{ac} \frac{T_e}{T_1} = 0{,}74 \frac{\left(\frac{p_a}{p_1}\right)^{0{,}29} - 1}{1 - \left(\frac{p_1}{p_e}\right)^{0{,}237}}$$

Si consideramos como temperatura absoluta T_e de los gases de escape a su llegada a la turbina 1.000° C y conocida la temperatura ambiente T_2, la fórmula expresa que según el producto de los rendimientos adiabáticos de la turbina y compresor pueden conseguirse determinados valores de la relación $\frac{p_a}{p_1}$ para uno conocido de $\frac{p_1}{p_e}$.

Lo mismo que en el caso de la turbina de combustión, resulta en esta otra modalidad de extraordinario interés el conseguir elevados valores de η_{at} y η_{ac}.

Supongamos que se opera al nivel del mar con $p_1 = 1$ Ata y excelentes rendimientos para la turbina y compresor $\eta_{at} \cdot \eta_{ac} = 0{,}9 \cdot 0{,}89 = 0{,}8$. Para $T_1 = 273 + 27 = 300$ resulta el primer miembro de la fórmula $0{,}8 \cdot \frac{1.000}{300} = 2{,}64$, lo que representa

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

obtener una presión de alimentación $p_a = 4$ Ata para una presión final de expansión de sólo 2 Ata = p_e.

Si el producto $\eta_{at} \cdot \eta_{ac}$ valiese 0,5 el primer miembro vale, bajo las mismas condiciones, 1,65, en cuyo caso sólo podría alcanzarse $p_a = 2.75$ Ata para $p_e = 2$ Ata.

Cuando el turbo-compresor está aplicado a un motor de altura, la temperatura T_1 adquiere valores más pequeños que en tierra y, por tanto, el primer miembro de la fórmula crece a igualdad de los demás elementos, produciéndose el mismo efecto que si aumentan los rendimientos η_{at} y η_{ac}. Por esta razón se aplica con más éxito a la propulsión aérea, pero en modo alguno está limitado su empleo a dicho campo como se deduce del simple ejemplo anterior.

El aprovechamiento de la energía disponible aún en los gases de escape mediante una turbina arrastrando un compresor, representa una aplicación de otro concepto más amplio, que es el motor «compound», el cual aprovecha las posibilidades del motor alternativo para expansionar los gases a alta temperatura, continuándose después, mediante la adición de aire si fuese necesario, en una turbina.

Tanto el eje del motor como el de la turbina pueden ser los ejes motrices encargados de transmitir la potencia de la máquina, bien aislados o mediante el acoplamiento adecuado por ir a velocidades de giro muy diferentes. Ocurre, sin embargo, que siendo necesario el empleo de un compresor para suministrar el aire necesario a la entrada de la turbina, con objeto de rebajar la temperatura de los gases a la salida del motor alternativo, puede ser movido éste por cualquiera de dichos ejes, quedando el otro como disponible para la aplicación que quiera dársele al motor. La necesidad del empleo de un compresor es aprovechada al mismo tiempo para alimentar el motor alternativo a una presión determinada, con lo cual se logra un aumento virtual de su cilindrada, consiguiéndose los máximos gases para unas dimensiones determinadas del cilindro.

El motor alternativo puede proyectarse a base de su concepción más simple, es decir, dos tiempos y lumbreras, con lo cual, además de incrementarse aún más su capacidad de quemado para una cilindrada fija, se obtiene una notable simplificación, suprimiendo todo el mecanismo de válvulas. Por último, debido a las presiones de trabajo convenientes en el cilindro para lograr buenos rendimientos, conviene trabajar en ejes con ciclo Diesel, suprimiendo, en consecuencia, todo el dispositivo eléctrico de encendido.

Como disposición más conveniente parece ser que el motor alternativo se encargue de mover el compresor, quedando entonces libre el eje de la turbina. Bajo estas condiciones, la potencia suministrada por la máquina de émbolo y empleada en el compresor es aproximadamente los 2/3 de la total disponible. Por esta razón parece más adecuado emplear el órgano que ha de producir menor potencia, el motor de émbolo en este caso, para el arrastre del compresor, reservando el eje de la turbina como motriz.

El diagrama de este ciclo está indicado en la fig. 5, aunque su representación no es rigurosa por estar afectados de diferente peso los distintos procesos. El área 1—2—p_2—p_1, multiplicada por el exceso de aire n necesario para lograr la temperatura t_6 conveniente en la turbina, representa el trabajo del compresor, y, por tanto, dicho producto debe ser igual al área 2—3—4—5 o trabajo desarrollado por el motor alternativo. El trabajo disponible en la turbina es el 6—7—p_1—p_2.

En el siguiente ejemplo, a base de una presión de combustión relativamente baja $p_3 = 40$ Kg./cm^2 ; $\eta_{ac} = 0{,}8$; $\eta_{at} = 0{,}9$ y para

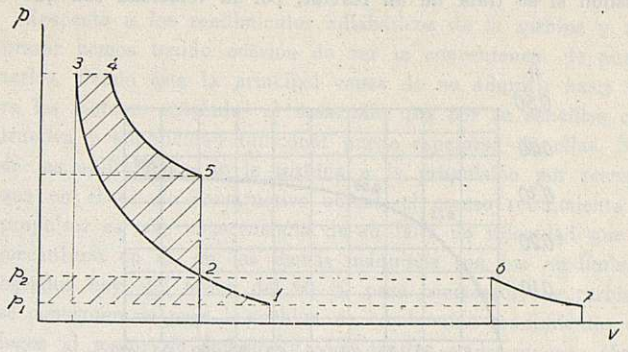


Fig 5

una temperatura de entrada en la turbina, $t_6 = 700°$ C, resultan los siguientes valores característicos de las distintas fases del ciclo

$$\left.\begin{array}{l} p_1 = 1 \text{ Ata} \; ; \; p_3 = p_4 = 40 \text{ Ata} \; ; \; n = 3.3 \\ p_2 = 3{,}2 \text{ Ata} \; ; \; p_5 = 15 \text{ Ata} \quad ; \; t_6 = 700° \text{ C} \end{array}\right\} \eta_{it} = 0{,}315$$

El rendimiento logrado de 0,315 para una temperatura de turbina relativamente baja indica claramente las posibilidades de este tipo de motor. Nótese que la subida de temperatura en la turbina tiene además la ventaja de disminuir el coeficiente n de exceso de aire y, por tanto, las pérdidas debidas al compresor.

Como los demás casos estudiados, el funcionamiento de este motor en altura mejora aún su rendimiento, alcanzando valores no logrados por otras máquinas análogas. Bajo las mismas hipótesis del ejemplo anterior, pero a una altura de 11.000 m., resultan ya los valores siguientes:

$$\left.\begin{array}{l} p_1 = 0{,}22 \text{ Ata} \; ; \; p_3 = p_4 = 40 \text{ Ata} \; ; \; n = 2{,}79 \\ p_2 = 2 \text{ Ata} \quad ; \; p_5 = 8{,}25 \text{ Ata} \quad ; \; t_6 = 700° \text{ C} \end{array}\right\} \eta_{it} = 0{,}435$$

cuyo elevado rendimiento viene a representar la interesante cifra de 140 grs/CV/h.

Cuando se aumenta la presión de combustión el rendimiento crece, pero no de una manera proporcional a las presiones utilizadas, como lo muestra el gráfico de la fig. 6, obtenido con las condiciones iniciales expuestas, pero variando sólo la presión p_3. Se deduce del mismo la poca ventaja que se logra para valores superiores a 40 Ata, comparada con el inconveniente de las altas presiones en el motor de émbolo, que lleva consigo la fabricación de órganos más robustos.

Antes de indicar las posibilidades de la turbina como órgano básico de la propulsión aérea por reacción directa, conviene fijar el concepto de rendimiento propulsivo para formar un juicio claro sobre su aplicación y probable evolución futura.

Se define el rendimiento de propulsión como el cociente entre la potencia desarrollada por el vehículo al desplazarse y la ligada a él mismo o suministrada por el motor que lo arrastra. En las aplicaciones terrestres pasa desapercibido este rendimiento por suponerse en general que no existe resbalamiento entre las ruedas, el suelo y los medios encargados de hacer la transmisión,

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

pero en el campo aéreo el fenómeno no se presenta con esa sencillez. La tracción o empuje, verificándose siempre por el principio de acción y reacción, es igual al producto de la masa de aire proyectada por la hélice o la de humos procedentes de la combustión si se trata de un reactor, por la velocidad con que di-

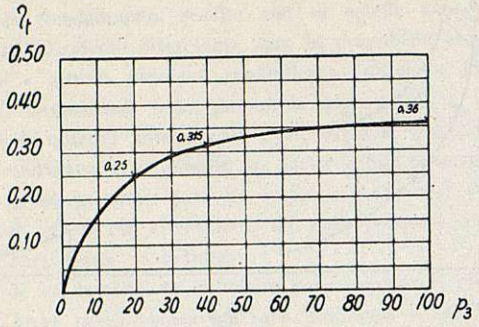


Fig. 6

chas masas son proyectadas y siempre superiores a la velocidad de traslación, viniendo a representar, en cierto modo, la diferencia absoluta de ambas velocidades el resbalamiento a que nos hemos referido en el caso de tierra. Para obtener rendimiento uno sería preciso que la energía cinética residual o perdida, de la masa de aire o humos que produce la impulsión, fuese nula, o sea, la velocidad de traslación del mismo valor que la velocidad de proyección de la masa impulsora, la cual por esta razón quedaría inmóvil en el espacio.

Definido así el rendimiento de propulsión, el rendimiento global del vehículo al desplazarse se obtiene como producto del rendimiento térmico-mecánico del organismo motor por el rendimiento propulsivo.

$$\text{Rendimiento global} = \eta_g = \frac{\text{energía aportada}}{\text{energía motora}} \cdot \frac{\text{energía motora}}{\text{energía útil}} = \eta_t \cdot \eta_p$$

En las aplicaciones terrestres, puesto que $\eta_p = 1$ sólo interesa el rendimiento térmico, pero en el caso del transporte aéreo ha de buscarse no el máximo de cada uno de los factores, sino el del producto, circunstancia ésta tan simple como interesante, y que explica las condiciones funcionales en que trabaja hoy el grupo turbina-compresor en los propulsores desprovistos de hélice.

Al rendimiento termo-dinámico del grupo turbina-compresor puede aplicarse cuanto hemos dicho referente a las figs. 2 y 3 al hablar de la turbina de combustión, por quedar afectado con los mismos factores allí señalados, pero en este caso los valores de r pequeños que dan el máximo de η_t, por corresponder a masas de gases reducidas, resultan al expansionarse en el eyector velocidades de salida muy superiores a las de traslación, y, por tanto, valores bajos de η_p. A medida que aumentan los valores de r va disminuyendo η_t (fig. 2), pero también la velocidad de salida por crecer la masa y, en consecuencia, el aumento de η_p.

Con los valores de r, próximos a 0,006 Kg/Kcal, se obtiene sensiblemente el máximo de $\eta_t \cdot \eta_p$, que para el combustible usual keroseno de 10.300 Kcal/Kg. representa una relación aire-combustible alrededor de 60 : 1.

Para dicho valor de r la misma fig. 2 señala la poca ventaja de subir la relación de presiones por encima del valor 5, al que corresponde una temperatura de 858° C. Esta temperatura coincide sensiblemente con la soportada por los materiales logrados hasta hoy, de elevadas características en caliente, y aunque sería de desear la mejora de los mismos, sobre todo en atención a la seguridad, en las circunstancias actuales no puede esperarse por el aumento en la temperatura de trabajo, un incremento grande en el rendimiento de los propulsores de reacción directa. A base de aumentar la velocidad de traslación sí pueden conseguirse mayores valores del rendimiento total, pues incluso para el exceso de aire señalado y con una velocidad en el avión de 300 m/seg. (1.080 Km/h.), el propulsivo η_p no pasa de 0,6.

La disminución de rendimiento propulsivo que llevan consigo las velocidades pequeñas explica, por lo anteriormente dicho, la imposibilidad actual de aplicar la propulsión por reacción directa al transporte terrestre con rendimientos ni medianamente aceptables.

Contrariamente a lo que ocurre con el empleo de una hélice, cuyo empuje disminuye con la velocidad cuando se conserva fija la potencia del motor, en el caso del reactor, dentro de las velocidades usuales, el empuje se conserva sensiblemente constante, y puesto que existe una notable diferencia entre el necesario para el despegue y para el vuelo normal, es necesario recurrir a procedimientos especiales para aumentar, aunque sólo sea por algunos segundos, el empuje durante el despegue. Para este corto intervalo de tiempo, inferior al minuto, no hay inconveniente en que se alcance un mal rendimiento si se cumplen las condiciones impuestas.

Durante ese momento sí interesaría poder trabajar en la turbina a las más altas temperaturas, con objeto de conseguir el máximo η_{t_1} y con ello la mayor velocidad posible en el chorro de gases y el mayor empuje consiguiente.

Si se considera necesario puede recurrirse a la refrigeración de los álabes de turbina mediante aire procedente del compresor. La cantidad de aire precisa es relativamente baja y el efecto muy importante, sobre todo si se trata de álabe de doble pared en lugar de simplemente hueco. Con gastos de aire inferiores al 2 % del suministro total se logran así descensos de temperatura superiores a 200° C. Esta refrigeración puede aún forzarse más inyectando agua pulverizada en el circuito del aire empleado para la refrigeración.

Con la inyección de agua a la entrada del compresor, y merced al enfriamiento por el calor de vaporización, se logra un descenso en el trabajo de compresión, o lo que es igual para la misma energía disponible en la turbina se alcanza una presión p'_2 superior a la normal p_2 y, en consecuencias, un incremento de empuje. Por último, también puede aumentarse extraordinariamente la entalpia de los humos una vez pasada la turbina, realizando una nueva aportación de combustible en el eyector.

La fig. 7 representa en el diagrama de Mollier el ciclo característico de un propulsor a reacción directa con inyección de agua a la entrada del compresor, refrigeración de los álabes de turbina con aire y agua para operar a temperaturas de 1.000° C y quemado posterior hasta conseguir en el eyector la tempera-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

tura de 1.500° C. Pueden conseguirse, bajo estas condiciones reunidas, empujes próximos al doble del alcanzado por el propulsor en condiciones ordinarias de trabajo, pero la pérdida de rendimiento es extraordinariamente elevada, siendo preciso emplear alrededor de seis veces el combustible necesario para lograr el empuje normal.

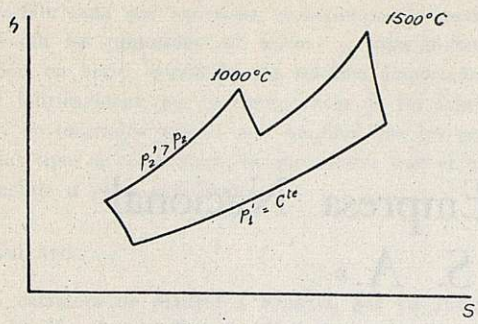


Fig. 7

Como resumen de todo lo expuesto, se deduce la extraordinaria importancia que adquiere hoy el conjunto turbina-compresor. Puede compararse en cierto modo al grupo émbolo-cilindro que ha sido durante tanto tiempo el órgano básico de transformación de la energía térmica en mecánica.

En términos generales influye en el buen rendimiento de todas las máquinas en que interviene el grupo turbina-compresor, el operar a altas temperaturas de trabajo y los buenos rendimientos adiabáticos η_{at} y η_{ac}. A nuestro juicio este segundo factor tiene importancia más decisiva, aunque no puede desplazarse a segundo término el aumento de rendimiento conseguido con las temperaturas elevadas. Cabe esperar aún materiales susceptibles de trabajar a temperaturas superiores a los 850° C, pero aún limitándonos a los actuales, con una refrigeración eficiente en los álabes, podrían alcanzarse temperaturas de trabajo próximas a los 1.000° C.

Respecto a los rendimientos adiabáticos de la turbina y compresor hemos tenido ocasión de ver la conveniencia de aumentarlos, siendo ésta la principal causa de no adquirir hasta ahora los motores señalados el desarrollo que por su sencillez constructiva y simplicidad funcional puede esperarse de ellas. Salvo en las aplicaciones de la turbina a la propulsión por reacción, que en el estado constructivo actual, el escaso rendimiento del propulsor es más consecuencia de su falta de velocidad que del mecanismo en sí, en las demás máquinas con los rendimientos logrados hoy, del orden del 90 % para compresores y turbinas, se consiguen ya para la turbina de combustión rendimientos análogos al motor de émbolo, y, por tanto, es de suponer lógicamente una rapidísima evolución de estas máquinas invadiendo la zona del motor alternativo, al menos en el margen de medianas y grandes potencias, que es donde se pone más de manifiesto el contraste entre la sencillez y dificultad constructiva de ambos motores.

Para pequeñas potencias, la elasticidad y seguridad del motor alternativo unido a un buen rendimiento, y coste de fabricación bajo, le sitúan aún en posición ventajosa respecto a la turbina de combustión, en que aparecen para dichas potencias velocidades de giro elevadísimas y dificultades de otros órdenes. De momento sólo puede esperarse la intervención de la turbina en este campo aplicándolo en la forma de turbo-compresor o como parte integrante del motor «compound».

sor o como parte integrante del motor compound.

Barcelona, 15 de abril de 1950.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 301. - Memoria de la «Empresa Nacional de Autocamiones, S. A.»

El Decreto de la Presidencia del Gobierno de fecha 1 de mayo de 1946 encomendó al Instituto Nacional de Industria la creación de una Empresa mixta para la construcción de autocamiones pesados y medios y motores Diesel, utilizando, en el grado conveniente y más amplio posible, las denominadas industrias auxiliares del automóvil, mediante las pertinentes ampliaciones y mejoras de las mismas, si a ello hubiere lugar.

En el citado Decreto se indica que el curso evidente de la recuperación económica nacional, el tiempo que ha de invertirse en la necesaria y larga preparación y montaje que exigen estas fabricaciones especiales, y el convencimiento de que, en todo caso, el desarrollo en el grado preciso, y con todas las características de modernidad inexcusables, de la industria básica del automóvil constituye etapa indispensable en el desenvolvimiento industrial de la Nación, son motivos y consideraciones que aconsejan proceder con energía y precisión en tal propósito, y comenzar por aquellas soluciones parciales del mismo que se consideran más convenientes y viables en el momento.

Como consecuencia de esta disposición, el Instituto Nacional de Industria creó la Empresa Nacional de Autocamiones, S. A. (E. N. A. S. A.), en 23 de octubre de 1946, con capital de 240.000.000 de pesetas.

MISIÓN DE LA EMPRESA

Al constituir la Empresa el Instituto Nacional de Industria le asignó como fin específico la construcción de una fábrica en Madrid para producir anualmente 1.500 vehículos con motor Diesel, con capacidad de 7.000 Kgs. de carga útil, que permitiesen la posibilidad de utilizarlos con remolque, y la fabricación de 100 motores Diesel rápidos, de 500 a 2.000 CV., destinados a ser empleados en lanchas rápidas, automotores para ferrocarriles, etcétera, y 150 motores Diesel, de velocidad media, para potencias de 30 a 500 CV.

Con anterioridad a la creación de la Empresa, el Instituto Nacional de Industria había organizado, en su propio ámbito, el Centro de Estudios Técnicos de Automoción (C. E. T. A.), que constituye importante oficina técnica, cuya misión estriba, como su nombre lo indica, en realizar los estudios, proyectos y experimentación de vehículos y motores de combustión interna, así como los relativos a los talleres, instalaciones y fabricación en serie que exija la implantación de su producción industrial. El C. E. T. A. llevó, pues, a cabo el estudio y desarrollo del plan que había de realizar E. N. A. S. A., y que ha cristalizado en los proyectos a cuya ejecución procede actualmente la Empresa.

Casi simultáneamente se iniciaron negociaciones con «La Hispano Suiza. Fábrica de Automóviles, S. A.», que culminaron en octubre de 1946 con la adquisición por E. N. A. S. A. de los talleres e instalaciones que aquélla poseía en Barcelona y en la participación minoritaria de «La Hispano Suiza» en el capital de la Empresa Nacional de Autocamiones, S. A. Mediante esta operación, la nueva Empresa, además de seguir las normas que presidieron a su creación, adquirió una base industrial y laboral que le permitirá alcanzar más fácilmente sus objetivos.

NUEVAS ACTIVIDADES DE LA EMPRESA

Por encajar dentro de los fines para los cuales fué creada la Empresa y como consecuencia de la experiencia adquirida en los tres primeros años de su existencia, así como por las posibilidades que ha proporcionado a la misma la adquisición de la fábrica de Barcelona, se ha procedido a una revisión de las actividades que en un principio le fueron asignadas, y ha determinado la Superioridad que, además de las previstas, sean desarrolladas por la Empresa las fabricaciones de los tractores oruga tipo «Z», coches de representación, equipos de inyección y eléctricos y herramental de precisión.

Dentro de este programa de actividades se ha procedido a atribuir a la fábrica de Barcelona la fabricación del camión pesado de 8 toneladas equipado con motor Diesel o gasolina, el coche de representación y la fabricación de herramental de precisión, y a la fábrica de Madrid (Barajas), la del camión medio de 5/6 toneladas con motor Diesel, el tractor «Z» y la fabricación de equipos de inyección y eléctricos.

FACTORÍAS

FÁBRICA DE MADRID (BARAJAS)

El proyecto de estas instalaciones está concebido dentro de las normas de modernidad que aconseja esta clase de fabricaciones, y cuya disposición ha sido ya experimentada debidamente en instalaciones similares del extranjero. Se ha conseguido en las mismas, al adoptarse normas análogas, un grado de perfeccionamiento en la organización de los trabajos, que se traduce en cos-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

te menor del producto elaborado y en la máxima calidad del mismo, lo que da como resultado facilidad de aceptación por el mercado y el que, en todo momento, puede lograrse la mejora del producto fabricado por sucesivas evoluciones que permitan mantener al día los prototipos del mismo y, consiguientemente, su producción en serie, condición de máxima importancia en esta clase de fabricaciones, por la competencia de los fabricantes que disponen de mercados mucho más amplios que les permiten modificar los tipos a corto plazo, lo que motiva que el mercado sea muy sensible a estas variaciones.

EMPLAZAMIENTO

En la carretera de Madrid a Francia, por La Junquera, entre el Km. 13, Hm. 3 y el Km. 14, Hm. 8, con un frente en la carretera de 1.500 mts., se han adquirido terrenos con una extensión aproximada de un millón de metros cuadrados, en forma de un trapecio irregular, con un perímetro de 4.100 mts., cuyas lindes están debidamente representadas en el plano 1 que se acompaña.

ACCESOS

El emplazamiento previsto tiene, además de la comunicación por la carretera de Madrid a Francia, por La Junquera, enlace por ferrocarril con la línea general de Madrid a Zaragoza y Barcelona en la estación de San Fernando de Henares, por medio de una vía-apartadero que permita recibir directamente en nuestros almacenes todos los materiales precisos para las fabricaciones que se han de desarrollar en esta planta.

Al proyectar estas instalaciones se ha previsto amplio acceso a la fábrica por una avenida principal, al comienzo de la cual se ha dispuesto una semi-elipse que permite el aparcamiento de vehículos, cuya entrada ha de ser previamente vigilada, lo que se consigue por disponerse de único acceso, tanto para el personal como para los vehículos.

Esta primera zona comprendida entre la entrada principal y el aparcamiento de bicicletas para los operarios, se ha previsto para realizar en ella una previa impermeabilización, y por ello, en la misma se encuentran instaladas la Portería-casa del guarda, el Dispensario y la Guardería infantil.

La segunda zona, comprendida entre el aparcamiento de bicicletas de los productores y la nave principal de fabricación, queda totalmente impermeabilizada, y el personal que ha de trabajar en dicha nave y en las oficinas centrales, tiene su acceso a las mismas por un túnel subterráneo debidamente acondicionado, a fin de evitar la dispersión del personal por otras zonas de la fábrica.

Dentro de esta segunda zona quedan instaladas las oficinas generales, nave principal de fabricación, taller de forja y escuela de aprendices, con su campo de deportes.

Además de los accesos indicados, como puede verse en el plano adjunto, se han previsto distintas avenidas y calles encuadrando todas las edificaciones mencionadas y pistas de pruebas para los vehículos fabricados.

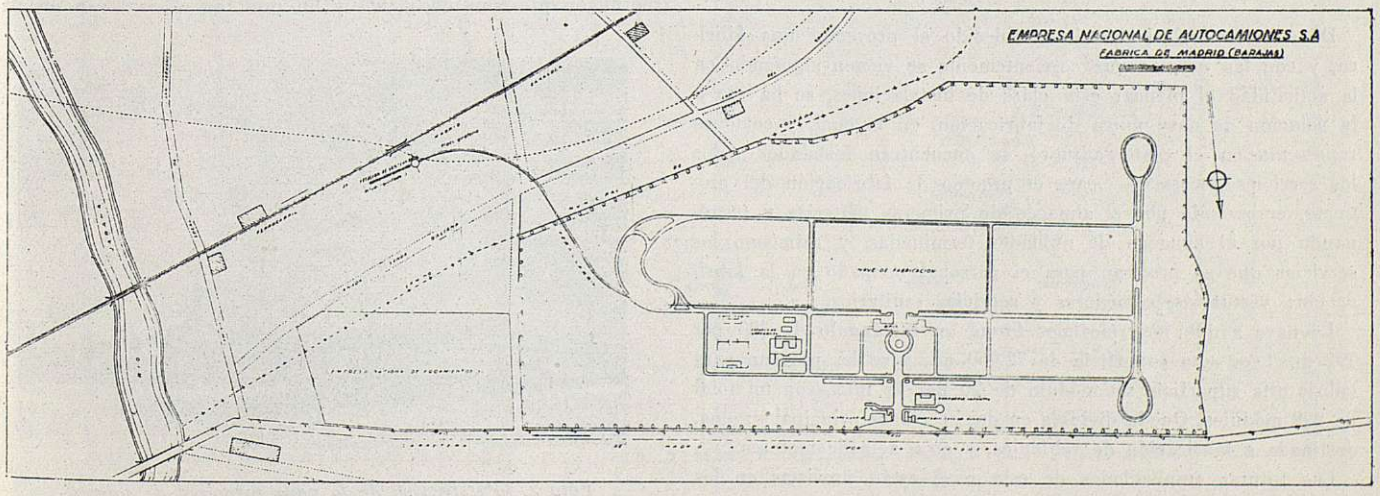
Las avenidas, calles y pistas de pruebas están construídas sobre firme de hormigón, y se ha previsto riego asfáltico, excepto en la avenida principal que va empedrada con adoquín de granito tipo «Madrid».

CERRAMIENTO

Para conseguir una perfecta impermeabilización de nuestras instalaciones se ha realizado el cerramiento completo del perímetro de los terrenos en que están emplazadas las mismas, y se ha elegido para ello una solución de cierre totalmente diáfano que permita eficiente vigilancia.

Para ello se ha construído el cierre de tela metálica debidamente soportada por pies derechos de perfiles de acero con sus correspondientes tornapuntas, fijados a un basamento de hormigón.

Este cerramiento está limitado en sus puntos principales por grandes pilastras chapadas de granito y, en la semi-elipse de entrada, se ha encuadrado la verja metálica de cierre y las correspondientes puertas de entrada, entre pilastras similares a las anteriores y un zócalo de granito. Se ha conseguido con este conjunto un cerramiento a tono con las edificaciones que quedan encuadradas dentro del mismo.



Plano núm. 1

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

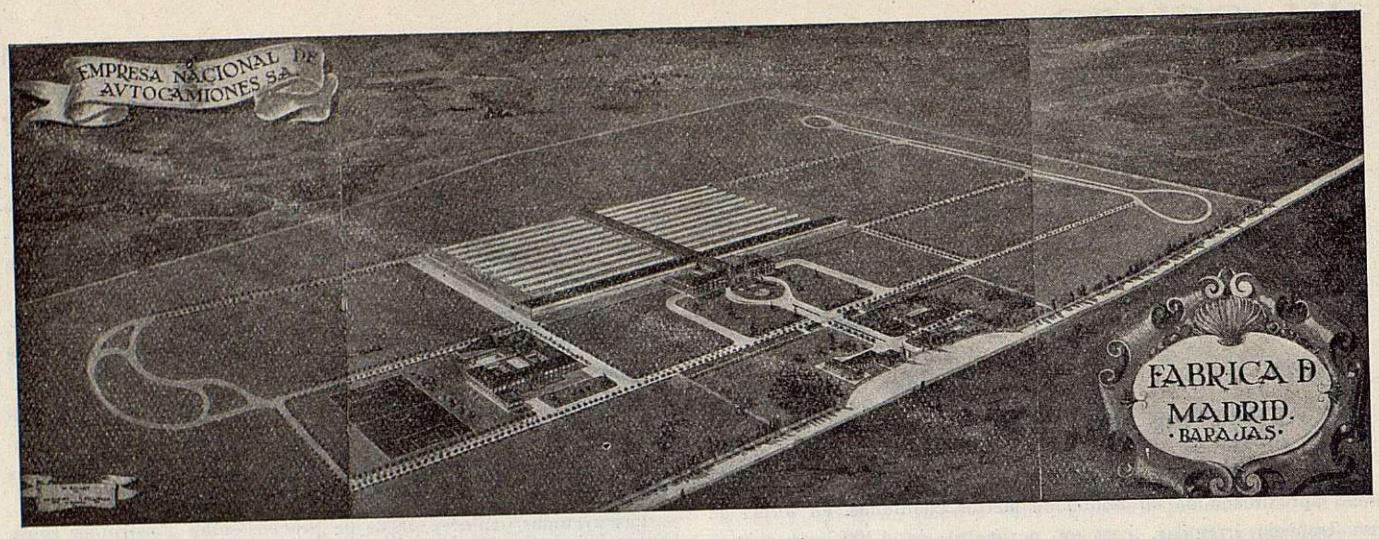


Foto 1.—*Vista panorámica.*

SANEAMIENTO

Tan conveniente como el disponer de buena urbanización en los terrenos en que están emplazadas nuestras instalaciones, se ha considerado preciso contar con un saneamiento eficiente de los mismos que permita, en todo momento, mantener los terrenos en perfectas condiciones de avenamiento y, asimismo, la evacuación de todas las aguas residuales que una instalación de este tipo ha de originar.

Con este objeto se ha construído un colector general de sección ovoidal de 100 por 150 cm., con longitud de 1.358 mts., que arranca del extremo Oeste de la nave principal de fabricación y termina en la margen derecha del río Jarama, aguas abajo del puente de San Fernando.

A este colector general afluyen los distintos colectores secundarios que recogen las aguas de la nave principal de fabricación y del resto de las edificaciones, avenidas y calles; da idea de la importancia del saneamiento previsto, el que la longitud de los colectores suma un total de 6.924 mts.

NAVE PRINCIPAL DE FABRICACION

De acuerdo con el criterio establecido al proyectar una fábrica, y con las normas que corrientemente se vienen siguiendo en la actualidad al planear esta clase de instalaciones, se ha ido a la solución de nave única de fabricación, en la cual, y como se representa en el plano adjunto, se encuentran instalados todos los servicios necesarios para el proceso de fabricación del producto, empezando por el almacén de primeras materias y terminando por el almacén de unidades terminadas, y asimismo los servicios que se precisan para el personal ocupado en la fabricación: vestuarios, comedores y servicios sanitarios.

La nave a que nos referimos forma un rectángulo de 380 por 192 mts, con una superficie de 72.960 m^2, y se ha previsto para cubrir esta superficie un módulo de 20 por 16 mts., con un total de 228 módulos. Queda dividida en dos secciones principales: una, destinada a fabricación de vehículos, y otra, a la de motores.

Las futuras ampliaciones de esta nave están previstas en los terrenos que quedan libres a continuación en la fachada Sur.

Salvo 19 módulos de la fachada Norte y 12 módulos de la fachada Este de la nave, que, conservando el tipo dimensional antes indicado se han construído de hormigón armado, los 186 módulos normales que cubren la superficie total de la misma están constituídos por columnas metálicas y armaduras en diente de sierra del mismo material, provistas de cubierta de uralita, debidamente aislada con lana de vidrio y corcho.

Los 19 módulos de la fachada Norte, construídos de hormigón armado, han sido proyectados con altura superior a los demás que constituyen la nave, para disponer en los mismos de planta baja y un piso, este último destinado a comedores para el personal; las columnas correspondientess a estos módulos se han calculado para soportar un puente-grúa de 20 toneladas.

La fachada Este, constituída por 12 módulos proyectados, asimismo, en hormigón armado y cubierta a dos aguas, conservando la misma altura de los módulos normales, y sus columnas se han proyectado para soportar un puente-grúa de 10 toneladas.

La división a que hemos hecho antes referencia entre los dos tipos de fabricación, que se realizan en la nave principal, queda prácticamente delimitado con la construcción de 11 módulos de hormigón provistos de planta y un piso, en el cual van instala-

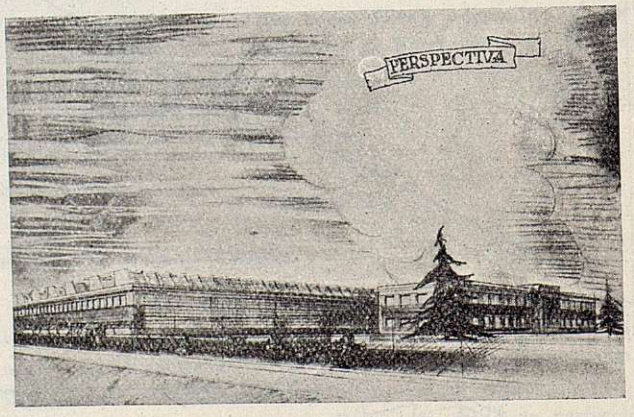


Foto 2.—*Perspectiva de la nave principal de fabricación y edificios de oficinas.*

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Prueba de Vehículos

Desarrollo de Vehículos

Sección Experiencias Automóviles

Sección de Reparación de Automóviles

Almacén General

Laboratorio

Experiencias y Montaje

Pabellón Marroquinería

Pabellón Talleres de Marroquinería

Pabellón Talleres de Carpintería

Carpintería

Montaje

Pabellón

Montaje de Motocicletas

Entramado

Eléctrico

Almacén de Utensilios

Engrase

Galvanoplastia

Taller de Montaje

Cubas

Cabina

Oficinas

Cubas

Almacén de Utensilios

Cubas

Oficinas

Cabina

Cubas

Cubas

Cubas

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

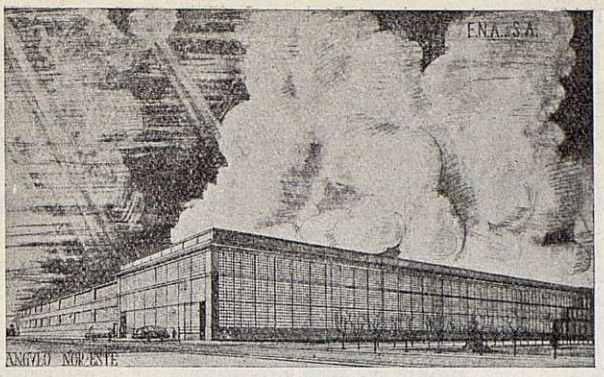


Foto 3.—Nave principal de fabricación. Angulo Nordeste

dos todos los vestuarios y servicios de aseo (lavabos y duchas para el personal). Esta sección va provista de cubierta a dos aguas.

Distribución de la planta de fabricación.

Como se ha indicado en el apartado anterior, la nave principal de fabricación queda dividida en dos mitades, por la línea de módulos centrales, en cuyo piso superior van instalados los vestuarios para el personal.

En el espacio comprendido entre esta línea de división y la fachada Oeste, se han previsto las líneas de fabricación correspondientes a los elementos que constituyen el autobastidor propiamente dicho. Se colocan en cabeza de línea todas las secciones que pueden considerarse comunes a la fabricación, y en la cola de línea, la Sección de Verificación general y el Almacén de piezas terminadas, el cual se ha emplazado cerca de la línea de montaje de autobastidor propiamente dicho, previamente armado en la Sección de planchistería general y montaje de bastidores, tal y como queda representado en el plano.

Los autobastidores, una vez completado su montaje en la Sección correspondiente, pasan a la Sección de carrocerías para proceder al montaje de las mismas que previamente se habrán fabricado en dicha Sección, y una vez completado el vehículo, pasa a las Secciones de pintura y prueba y posteriormente a la de acabado del mismo.

En el centro de la nave, y dividiendo la misma en las dos partes antes citadas, se ha previsto la instalación de la oficina para el jefe del taller, así como las de las Secciones técnica y administrativa de la misma.

En la zona de la nave comprendida entre el centro de la misma y la fachada Este se han previsto las líneas de fabricación correspondientes a los motores de camión y motores industriales, disponiendo en cabeza de línea todos los servicios que pueden considerarse comunes para esta fabricación, y en cola de línea, el servicio de Verificación general y el Almacén de piezas terminadas, situado lo más próximo posible a cada una de las Secciones de Montaje de motores, las que, a su vez, se encuentran instaladas cerca de los bancos de prueba correspondientes, de los que, una vez realizadas las mismas, se expiden los motores destinados a camiones, a la Sección de Montaje de autobastidores, y los motores industriales, a la Sección de pintura y después al almacén de unidades terminadas.

El almacén general de materiales se ha dispuesto, según se indica en el plano adjunto, con enlace directo por vía de ferrocarril a la estación de San Fernando de Henares. El Laboratorio general se ha situado próximo a dicho almacén, a fin de facilitar el examen de todas las materias que se destinan a nuestras fabricaciones.

En la zona indicada, y a continuación del almacén, se han situado la Sección de reparaciones de vehículos, así como la de experimentos.

Entre el Laboratorio y las demás Secciones previstas en esta zona, se ha dispuesto la instalación: de los Talleres de producción auxiliar, tratamientos térmicos y galvanoplastia, así como los almacenes de útiles y herramientas precisas para la fabricación.

Máquinas-herramientas e instalaciones.

La maquinaria cuya instalación se ha previsto para cumplir el programa de fabricación asignado a esta fábrica es la siguiente:

28	Tornos paralelos	180 - 750.
29	» »	180 - 1.000.
21	» »	210 - 1.500.
3	» »	350 - 2.000.
1	» »	350 - 2.500.
3	» »	50 - 550.
13	» revólver, barra	ϕ 32.
18	» » »	ϕ 60.
15	» » »	ϕ 90.
2	» automáticos	ϕ 16.
6	» »	ϕ 25.
2	» »	ϕ 30.
10	» »	ϕ 36.
3	» »	ϕ 50.
3	» »	ϕ 60.
15	» herramientas múltiples	ϕ 210 - 400.
1	» » »	ϕ 300 - 500.
2	» » »	ϕ 250 - 700.
1	» » »	ϕ 175 - 1.200.
2	» » »	ϕ 350 - 1.500.
5	» verticales	ϕ 700.
3	» »	ϕ 1.100.
2	» para destalonar	ϕ 250.
8	» » copiar	ϕ 160 × 500.
2	» » »	ϕ 250 × 1.050.
2	» muñones cigüeñales	ϕ 450 dist. 1.500.
1	» diamantar émbolo	ϕ 200 larg. 300.
1	Fresadora vertical	200 - 600.
8	Fresadoras verticales	250 - 1.100.
17	» »	300 - 1.300.
10	» »	350 - 1.500.
2	Fresas verticales, dimensiones mesa	400 - 1.600.
1	» » » »	500 - 2.200.
8	Fresadoras horizontales, dim. mesa	200 - 900.
4	» » » »	250 - 1.100.
14	» » » »	300 - 1.300.
9	» » » »	350 - 1.500.
2	» universales, » »	300 - 1.100.
1	» » » »	350 - 1.300.
1	» » » »	400 - 1.500.
1	» horizontal dos cabezas	400/1.600,900.
4	» » » »	350/1.300,500.
3	» de ranuras	200 - 600.
4	» » »	250 - 600.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

1 Fresadoras vertical de dos husillos 300 - 1.300.
2 » ejes estriados ϕ 75 - 1.000.
1 » de copiar, mesa 600 × 600.
6 Mandrinadoras horizontales ϕ 75.
1 » » ϕ 110.
1 » vertical ϕ 150.
2 » » de dos cabezas ϕ 200.
1 » horizontal de precisión 400 - 600.
2 » Genovoise 1.000 - 1.500.
2 » » 800 - 1.000.
3 » Hauser 400 - 600.
1 » para «cárters» tres husillos ϕ 60 - 600 - 1.300.
1 » para cojinetes «cárters» 600 - 1.300.
1 » para bielas 4 husillos 1.000 - ϕ 120.
1 » para agujeros émbolo 800 - ϕ 50.
6 Cepilladoras verticales ϕ 600 - 16 × 100.
1 » » ϕ 600 - 20 × 150.
1 » horizontal 1.000 × 2.500 - 2.000.
2 Limadoras, carrera 300.
1 » » 600.
13 Taladros radiales ϕ 60 - 1.000.
6 » » ϕ 60 - 1.250.
12 » » ϕ 60 - 1.500.
20 » de columna ϕ 30.
16 » » » ϕ 60.
2 » sensitivos de columna ϕ 5.
23 » » » » ϕ 10.
2 » » » » ϕ 150.
8 » » » » ϕ 10 2 husillos.
2 » » » mesa ϕ 10.
1 » » » » ϕ 5.
1 » herramientas múltiples - 12 herr. ϕ 10.
7 » » » » » ϕ 25.
3 » verticales de 2 cabezas ϕ 60 - 200.
1 Rectificadora exteriores ϕ 40 - 300.
2 » » ϕ 100 - 250.
4 » » ϕ 250 - 300.
4 » » ϕ 200 - 400.
7 » interiores ϕ 50 - 100.
3 » » ϕ 100 - 100.
4 » » ϕ 150 - 150.
1 » » ϕ 200 - 150.
3 » universales ϕ 260 - 450.
3 » » ϕ 260 - 850.
2 » ejes excéntricas ϕ 125 - 1.200.
2 » muñones cigüeñales ϕ 600 - 1.500.
1 » planos de muela vertical 300 - 1.000.
4 » lineales de muela disco horizontal 200 - 700.
2 » lineales de muela disco horizontal 300 - 1.000.
2 » planos de muela vertical 350 - 1.300.
1 » planos de muela vertical 450 - 1.600.
6 » plato giratorio muela vertical ϕ plato 400.
3 » sin puntos ϕ 150.
2 » de puntos ϕ 100.
2 » de dientes ϕ 300 mód. 6.
1 » de dientes ϕ 600 mód. 10.
3 » universales de roscas ϕ 200.
2 » ejes estriados ϕ 90 largo 1.000.
1 » calibres tampón ϕ 300.
1 » calibres horquillas 400.
1 » de perfiles.
1 » de brochas ϕ máx. 75, largo 1.400.
1 » válvulas producción ϕ 60.
3 » válvulas exp. ϕ 60.
2 Rebarbadoras de engranajes ϕ 450 - 6.
1 Lapeadora de eje de levas ϕ 100 - 1.200.
2 Bruñidoras de camisas ϕ 150.
1 Lapeadora de cigüeñales ϕ 150 - 1,500.
1 » ejes ϕ 75 × 100 ϕ platos 500.
1 » agujeros ϕ 50.
1 » engranajes ϕ 500 mód. 10.
1 » rueda Gleasson ϕ 500 mód. 10.
12 Afiladoras universales ϕ 250 carrera 700.
1 Afiladoras de brochas ϕ 75 largo 1.400.
1 » cuchillas Maag.
1 » fresas madre ϕ 200.
1 » sierras cinta.
2 » de brocas ϕ 30.
2 » de brocas ϕ 60.
3 » metal duro ϕ 200.
3 Muelas ϕ 200.
5 » ϕ 300.
2 » de arena ϕ 500.
2 Brochadoras hidr. horizontales carrera 1.600 T. 40.
2 » » verticales, carrera 800 T. 15.
2 Dentadoras Gleasson de piñones.
3 » » de ruedas.
1 » Maag ϕ 750 mód. 10.
1 » Maag ϕ 200 mód. 5.
2 » para interior ϕ 200 mód. 5.
2 » engr. cónicos ϕ 250 mód. 8.
1 » de fresa madre ϕ 500 mód. 10.
2 » » » » ϕ 250 mód. 6.
4 » » » » ϕ 150 mód. 4.
2 Roscadoras » » » ϕ 50 largo 60.
4 » » » » ϕ 60 largo 100.
2 » sin puntos (de presión) ϕ 24 paso 2,5.
2 » verticales de machos ϕ 18 paso 2,5.
1 » vertical de machos ϕ 14 paso 2,5.
1 » para tuercas 6 hus. ϕ 20 paso 2,5.
2 » » » » » ϕ 12 paso 1,75.
1 » vertical de machos ϕ 12 paso 1,75.
2 Prensas hidr. para enderezar Ton. 10.
3 » » » » Ton. 15.
1 » de mano, tornillo ϕ 70.
1 Sierra circular ϕ 400.
1 » alternativa 14".
2 » » 18".
1 Equilibradora = 800 + 1.200 r. p. m. 100 Kgs.
1 » = 500 + 1.000 r. p. m. 200 Kgs.
1 Equipo Thiel completo.
1 Redondeadora de dientes.
1 Refrentadora ϕ 50.
1 Centradora ϕ 150, entre puntos 1.200.
1 » altura puntos 200, entre punto 1.500.
1 » altura puntos 120, entre puntos 1.500.
1 » ϕ 100, largo 600.
1 Aparato de temple superficial ϕ 350, largo 1.500.
3 Soldadoras autógenas.
4 Soldadoras eléctricas 20 KW.
1 Soldadora de cabeza ϕ 35.
1 » eléctrica especial 20 KW.
2 Desmagnetizadores 400 × 400.
1 Taladro horizontal especial 250 × 600 ϕ 30.
1 » » » 350 × 1.500 ϕ 30.
1 » » » 300 × 1.200 ϕ 50.
1 Pantógrafo 200 × 600.
4 Bancos de pruebas cambios.
1 Banco de prueba con bomba inyección.
1 » de » con aparatos eléctricos.
3 » de » con diferencial.
8 » de » con motores HP. 150 × 50, 300 r. p. m.
1 » de » con monocilindros.
1 Mandrinadora cojinetes cart. y bielas.
3 Fresas a mano con cremallera.
1 Instalación de carga de baterías 12 v. 24 v.
1 Elevador para lavado de camiones.
1 Remachadora neumática.
2 Cabezas de mesa.
3 Pulidoras dobles.
7 Rectificadores exteriores ϕ 250-500.
2 » » ϕ 300-1.000.
2 » » ϕ 100-1.200.
1 » » ϕ 250-1.200.
5 » » ϕ 350-1.500.
3 » interiores ϕ 30-80.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Como complemento de esta maquinaria se ha previsto la instalación de conducciones de aire comprimido, agua, calefacción por aire caliente, refrigeración y locales a temperatura constante en las Secciones en las que se precisa esta condición por la índole de sus fabricaciones.

Asimismo, se procede a instalar una Central de transformación para potencia de 10.000 KVA. a 220 voltios.

TALLER DE FORJA Y ESTAMPACIÓN

Situado en el lugar que se indica en el plano, y debidamente alejado de la nave principal de fabricación, para evitar que se transmitan a la misma las trepidaciones que han de originarse por el funcionamiento de los martillos-pilones y de caída, tiene, además, la ventaja el emplazamiento elegido para este taller, de quedar próximo a la estación del ferrocarril de San Fernando de Henares, donde se establecerá el oportuno empalme, lo que ha de facilitar sobremanera el transporte de los materiales hasta el parque que para el almacenamiento de los mismos se prevé en las inmediaciones del taller.

La disposición señalada permite futuras ampliaciones hacia el Sur, sin tener que modificar para ello el parque de primeras materias, ni la comunicación con el ferrocarril.

La superficie de este taller es aproximadamente de 1.920 m² y se ha previsto para cubrirlo 6 módulos de 16 por 20 metros con 10 metros de altura libre y columnas calculadas para soportar un puente grúa de 10 toneladas. Su estructura es la apropiada para esta clase de talleres, con salida de humos por la parte superior en dos bandas opuestas, con dirección Norte-Sur.

Las instalaciones previstas para este taller son las siguientes:

Un martillo de contragolpe de 30.000 Kgmts. aproximadamente.

Una prensa hidráulica o mecánica de 1.000 Tns., para cortar rebabas, preparación de elementos que hay que forjar y embutición de semi-puentes traseros.

Cinco martillos de aire comprimido o vapor; uno de 1.500 kilogramos de maza, dos de 1.000 Kgs. de maza y dos de 500 Kgs. de maza, para estampaciones.

Una batería de cinco martillos de preparación de aire comprimido; uno de 500 Kgs., uno de 200 Kgs., dos de 100 Kgs. y uno de 50 Kgs.

Cinco prensas mecánicas: una de 500 Tns., dos de 100 Tns. y dos de 50 Tns. de presión.

Dos máquinas de forjar, de 75 y 50 mm., respectivamente.

Dos prensas de fricción de 150 y 50 Tns.

Hornos de aceite pesado para las necesidades del Taller.

OFICINAS GENERALES

El edificio destinado a estos servicios tiene forma de T, en la que el pie enlaza el mismo con la nave principal de fabricación.

Es un edificio de tres plantas, con superficie aproximada de de 15.000 m².

Se prevé la instalación de todos los Servicios de Dirección, Técnicos y Administrativos que requiere la fábrica, y una zona del citado edificio se destina a oficinas para el Centro de Estudios Técnicos de Automoción.

ESCUELA DE APRENDICES

La Escuela de Aprendices ha sido prevista para que, en un principio, reciban enseñanza 200 alumnos; sin embargo, el edificio proyectado se ha estudiado para una capacidad de 400 aprendices.

Dicho edificio va emplazado en el lugar que se indica en el plano general, y consta de planta baja y un piso.

En la planta baja se instalan el Taller, los servicios de vestuario y aseo y los locales de estancia, recreo y espectáculos, y en la primera planta, las clases orales y de dibujo.

En lugar cercano va emplazado el campo de deportes, con piscina, frontón y campo de futbol.

GUARDERÍA INFANTIL

Teniendo en cuenta que en la fábrica proyectada se ha de emplear un número elevado de personal femenino por permitirlo así la índole de muchos trabajos que en la misma se realizan, se ha proyectado un edificio destinado a Guardería infantil, cuyo emplazamiento está indicado en el adjunto plano general, en cuya instalación se prevén los servicios siguientes: Sala de estancia para un centenar de niños, cuya edad oscila entre la lactancia y los cuatro años, con instalación de desinsectación, baños, duchas y vestuarios, sala para madres lactantes, playa artificial y servicios generales de comedores, con su cocina, calefacción, etc.



Foto 4.—Entrada principal. Casa guarda. Portería y Dispensario

DISPENSARIO Y PORTERÍA-CASA DEL GUARDA

A mano izquierda de la entrada principal se ha previsto la construcción del dispensario con entrada directa al mismo desde el exterior, y comunicado con el Hospital de urgencia. Se ha previsto en este edificio la instalación de farmacia y quirófano, con comunicación directa con la sala de Rayos X, y ésta, a su vez, con sala de consultas. Habrá, asimismo, despachos para el Médico, Director y sus ayudantes, salas de espera y de reconocimiento, así como servicios higiénicos.

Enfrente de este edificio, a mano derecha de la entrada principal, se encuentra el edificio de la portería-casa del guarda, en

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

el cual se han previsto una sala de espera y oficina de información y la vivienda para el jefe de guardas.

Además de las instalaciones reseñadas se han previsto estos servicios que completan las necesidades de esta fábrica, como son aparcamiento de bicicletas del personal, conducción de aguas para todos los servicios de fabricación, así como para el riego de las plantaciones que se están realizando, red de alumbrado general y policía.

FÁBRICA DE BARCELONA

Al adquirir la Empresa las instalaciones de que era propietaria «La Hispano Suiza - Fábrica de Automóviles, S. A.», emplazadas en el barrio de San Andrés, de Barcelona, se procedió a estudiar las obras de ampliación y mejora que se consideraban precisas para poner en condiciones de debida eficiencia aquellos talleres, simultaneando esta transformación con la renovación de la maquinaria y la modernización de las instalaciones auxiliares, todo ello orientado a conseguir aumento en la producción y perfeccionamiento en la calidad de los productos.



Foto 5.—*Vista panorámica.*

De acuerdo con el alto significado humano que el trabajo tiene para la nueva empresa, se atendió al planear estas obras no sólo a las exigencias de tipo técnico que las necesidades anteriormente expuestas marcaban, sino que, con sano criterio, se enfocó la solución de los problemas creados al personal por el estado deficiente de ciertas instalaciones y se estudió con cariño el problema de los comedores y vestuario, insuficientes, por todos conceptos.

Surge con todo esto el problema del espacio disponible.

Al estudiar los planos adjuntos, uno, de la situación de las instalaciones al momento de su adquisición, y otro, de la situación actual y en proyecto, se pueden observar las diferentes ampliaciones efectuadas.

Dentro de esta zona de ampliaciones y de acuerdo con las directrices anteriormente señaladas, estarán situadas las naves de pintura y almacén de maderas y el edificio destinado a comedores.

Veamos con más detalle los motivos que han forzado a estos emplazamientos. Como ya hemos dicho anteriormente, uno de los problemas que inmediatamente atrajeron la atención al fijar el plan de obras, fué por su aspecto eminentemente social, el de los comedores. Los comedores actuales están fuera del recinto de la fábrica y tienen capacidad máxima para 500 obreros. De acuerdo con los anhelos tantas veces expresados por el personal obrero, y venciendo un cúmulo de dificultades, esta empresa amplió la entrada en los comedores paulatinamente, la cual llega a ser en la actualidad de unos 1.300 los operarios que almuerzan en los mismos. De acuerdo con la capacidad del local esta cifra resulta exagerada, lo que obliga a hacer varios turnos, con las consiguientes molestias que esto acarrea a los usuarios y a la propia organización del taller. Vemos, pues, que en la actualidad los comedores adolecen de dos defectos fundamentales: capacidad insuficiente, y estar situados fuera del recinto de la fábrica; defectos que se agravarán enormemente al aumentar el personal en la misma como consecuencia de la realización del plan de aumento de producción.

Abordando este problema se propuso en el plan actual de obras la situación y superficie indicada en el plano, 500 metros cuadrados con objeto de dar a este servicio el amplio incremento que necesita y situarlo al mismo tiempo en el interior del recinto de la fábrica.

Dentro de la zona objeto del informe, junto con los comedores, figuran en el plano la nave de pintura, el taller de serrería y el almacén de maderas. El obligado aislamiento de estas tres naves con respecto al resto de la fábrica por causa de las primas del seguro de incendios y su dependencia en el proceso de fabricación de la sección de carrocerías, han determinado la situación prevista en el plano. Para la nave de pintura se prevé una superficie de 640 metros cuadrados con objeto de atender las necesidades creadas por los planes de fabricación de E. N. A. S. A. Así, según cálculo, de acuerdo con las cifras de producción señaladas anteriormente, la sección de pintura tiene capacidad de 4 autobuses, 8 garitas y 4 camiones, contando como espacio necesario 4 por 12 metros para un autobús, 4 por 4 metros para una garita, y 4 por 8 para un camión y, al efectuar operaciones, vemos que solamente para situar los vehículos que se han de pintar se precisan 448 metros cuadrados.

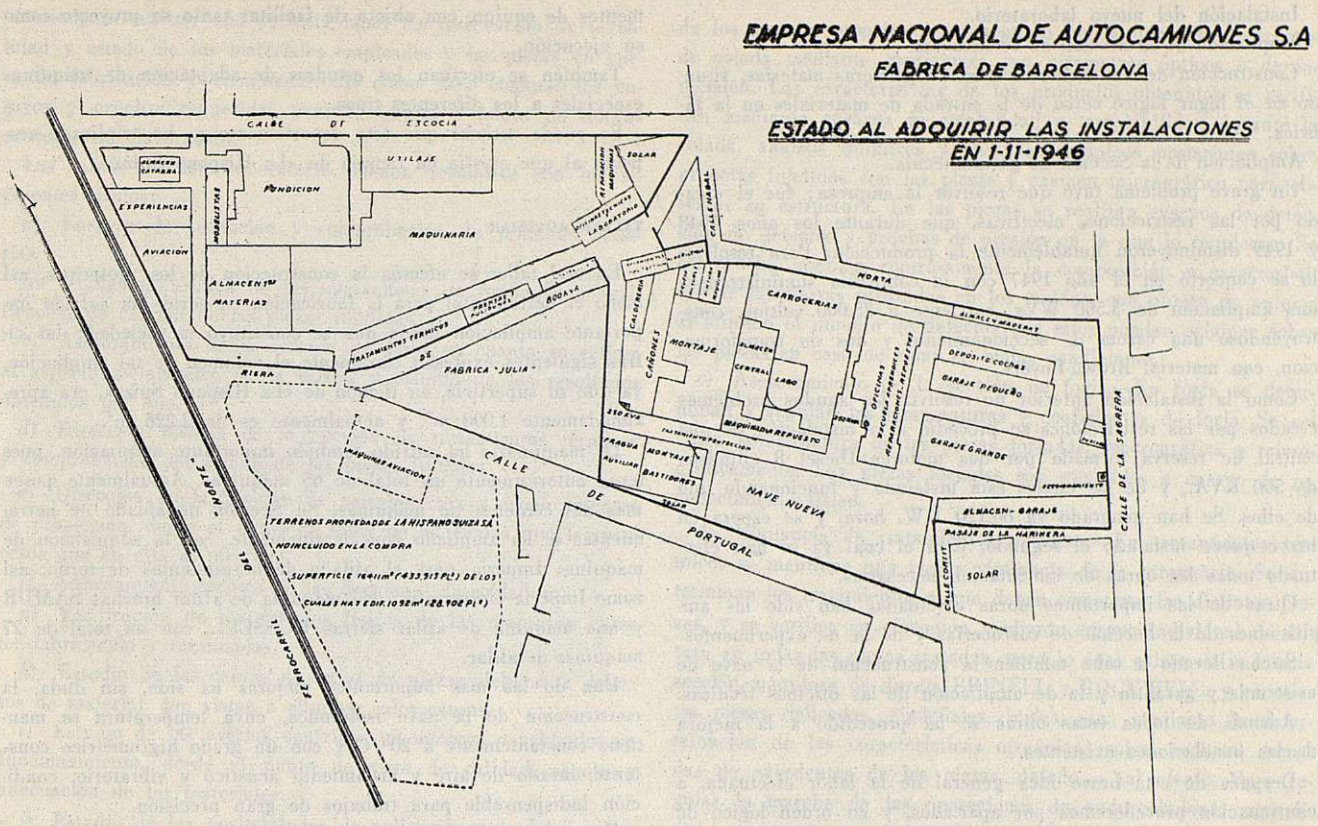
Por lo que se refiere al aislamiento del resto de la fábrica, basta considerar que los productos que se manejan en la Sección de pinturas y en el taller de serrerías y el almacén de maderas son, por su propia naturaleza, extremadamente inflamables, por lo que la más elemantal prudencia ratifica esta medida.

Se ha procedido a la utilización y posterior ampliación de la nave de montaje, con objeto de instalar debidamente las secciones de bancos de prueba de motores, montaje de bastidores y pintura de los mismos y se traslada la sección auxiliar de forjas más próxima a fundición, ya que la verdadera sección de forjas de la empresa se encuentra instalada en Ripoll.

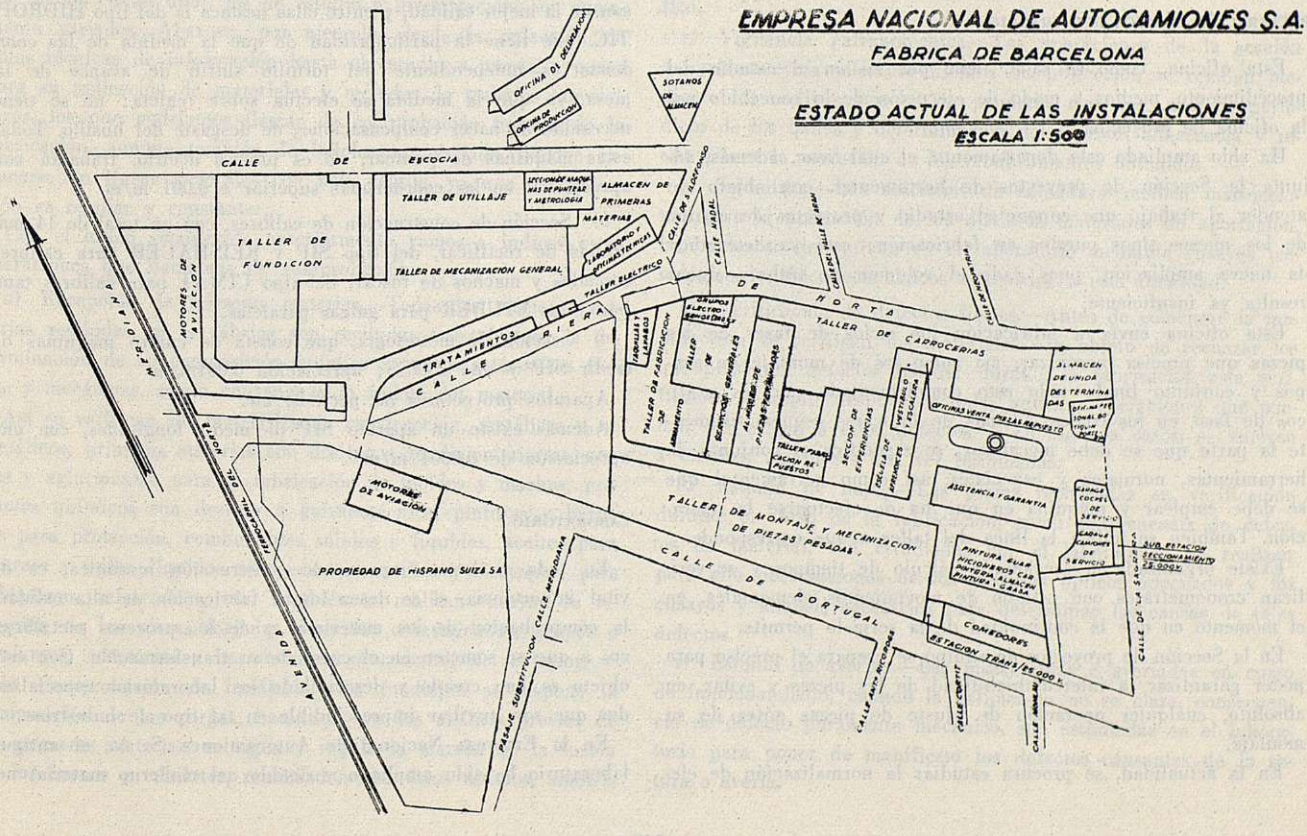
A continuación reseñamos brevemente las más importantes mejoras efectuadas, cuyo emplazamiento puede verse fácilmente comparando los planos que muestran la situación antigua y la actual. Una de las mejoras efectuadas fué el arreglo de las dependencias del Consejo y dirección, ya que el estado en que se encontraban era francamente precario.

Se amplió el taller auxiliar, dotándolo de instalaciones que indicaremos al tratar de él en particular.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO



Plano núm. 3



Plano núm. 4

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Instalación del nuevo laboratorio.

Ampliación de la Sección de verificación.

Construcción de un nuevo almacén de primeras materias, situado en el lugar lógico cerca de la entrada de materiales en la fábrica.

Ampliación de la Sección de galvanotecnia.

Un grave problema tuvo que resolver la empresa; fué el creado por las restricciones eléctricas, que durante los años 1948 y 1949 disminuyeron notablemente la producción. Para resolverlo se concertó en el año 1947 con la compañía suministradora una ampliación de 3.500 WVa. corriente a 25.000 voltios, construyéndose una caseta de seccionamiento y dos de transformación, con material Brown-Boveri.

Como la instalación anterior no resolvía los agudos problemas creados por las restricciones se procedió a la instalación de una central de reserva formada por dos motores Diesel 8 cilindros de 500 KVA., y de los cuales está instalado y funcionando uno de ellos. Se han generado ya 66.120 KW. hora, y se espera en breve quede instalado el segundo, para el cual ya se han efectuado todas las obras de cimentación necesarias.

Otras de las importantes obras efectuadas han sido las ampliaciones de la Sección de carrocerías y de la de experimentos.

Se ha llevado a cabo también la construcción de la nave de asistencia y garantía y la de ampliación de las oficinas técnicas.

Además de todas estas obras se ha procedido a la mejora de las instalaciones existentes.

Después de esta breve idea general de la labor efectuada, a continuación procederemos por apartados, y en orden lógico de la fabricación, a la descripción somera de las diferentes secciones de la factoría, su modo de funcionar y las mejoras introducidas en los mismos.

PREPARACIÓN TÉCNICA DEL TRABAJO

Esta oficina, como se sabe, tiene por misión el estudio del procedimiento, medios y modo de ejecución de lo concebido por la oficina de proyectos.

Ha sido ampliado este departamento, el cual tiene, además, adjunta la Sección de proyectos de herramental, con objeto de atender al trabajo que supone el estudio y proyectos de equipo de los nuevos tipos puestos en fabricación; está ya determinada nueva ampliación, pues dado el volumen de trabajo actual resulta ya insuficiente.

Esta oficina envía a fabricación los ciclos de fases de las piezas que precisa mecanizar, así como los de montaje de grupos y conjunto final; todo esto complementado por los gráficos de fase, en los cuales, además de indicarse esquemáticamente la parte que se debe mecanizar, se especifica el conjunto de herramientas, normales y especiales, así como herramental que se debe emplear y máquina en que ha de efectuarse la operación. También se indica la línea del taller a que corresponde.

Existe organizada la sección de cálculo de tiempos y se verifican cronometrajes con estudio de movimientos elementales, en el momento en que la continuidad de la serie lo permite.

En la Sección de proyectos de equipo se prepara el preciso para poder garantizar la intercambiabilidad de las piezas y evitar, en absoluto, cualquier operación de ajuste de piezas antes de su montaje.

En la actualidad, se procura estudiar la normalización de elementos de equipo, con objeto de facilitar tanto su proyecto como su ejecución.

También se efectúan los estudios de adaptación de máquinas especiales a los diferentes tipos.

Se puede estimar que este departamento se ha triplicado respecto al que existía en tiempo de «La Hispano Suiza».

TALLER AUXILIAR

En este taller se efectúa la construcción de los prototipos, así como el herramental para la fabricación en serie. Ha sufrido importante ampliación desde que se constituyó la sociedad; las cifras siguientes expresan claramente el volumen de tal ampliación, ya que su superficie, en tiempo de «La Hispano Suiza», era aproximadamente 1.000 m², y actualmente es de 2.226 m².

La maquinaria ha sufrido también importante ampliación, pues tenía anteriormente un total de 65 máquinas. Actualmente posee más del centenar de máquinas. Su Sección de afilado de herramientas se ha ampliado considerablemente, con la adquisición de máquinas Imperia para el afilado de herramientas de torno, así como Imperia Universales, una máquina de afilar brochas SAMUR y una máquina de afilar sierras RUSSELL, con un total de 27 máquinas de afilar.

Una de las más importantes mejoras ha sido, sin duda, la construcción de la nave isotérmica, cuya temperatura se mantiene constantemente a 20° C y con un grado higrométrico constante, lavado de aire y aislamiento acústico y vibratorio, condición indispensable para trabajos de gran precisión.

Esta nave isotérmica está dividida en tres secciones, que son:

a) Sala de máquinas de puntear, con nueve máquinas, ocho SIP y una PRATT-WHITNY, que constituye, por su cantidad y calidad, una de las mejores de Europa. Todas las máquinas son de la mejor calidad, y entre ellas destaca la del tipo HIDROPTIC, que tiene la particularidad de que la medida de las coordenas es independiente del tornillo sinfín de avance de la mesa, ya que la medida se efectúa sobre regleta; no se tiene necesidad de hacer compensaciones de desgaste del husillo. Todas estas máquinas de puntear, no es preciso decirlo, trabajan con apreciación en las coordenadas superior a 0,001 m/m.

b) Sección de construcción de calibres, con un total de 14 máquinas de rectificar, del tipo SIP y REISHAUER para calibres roscados y machos de roscar, del tipo CIMAT para calibres tampón y las STUDER para galgas paralelas.

c) Sección de metrología, que consta de cuatro máquinas de medir SIP y una ZEISS; apreciación 0,001m/m.

Aparatos proyectores de perfiles, etc.

Además existe un aparato SIP de medir longitudes, con una apreciación de 0,0001 m/m.

LABORATORIO

En toda moderna empresa de construcción mecánica, es de vital importancia, si se desea lograr fabricación de alta calidad, la comprobación de los materiales y de los procesos metalúrgicos a que se someten en el curso de su transformación. Con este objeto se han creado y desarrollado los laboratorios especializados que son auxiliar imprescindible en tal tipo de industrias.

En la Empresa Nacional de Autocamiones, S. A., el antiguo laboratorio ha sido ampliado y dotado del moderno material ne-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

cesario para realizar una perfecta labor de verificación de la calidad y estado de los materiales empleados y las piezas en curso de fabricación y terminadas, así como para efectuar los ensayos y pruebas requeridas para la puesta a punto de nuevos procesos de elaboración.

Las tareas de este laboratorio pueden resumirse con los siguientes títulos:

a) Ensayos de recepción y comprobación de primeras materias.

b) Vigilancia técnica de las operaciones de fundición y verificación de calidad de las piezas fundidas.

c) Asesoramiento de la sección de forja en cuanto se refiere al aspecto metalúrgico de la misma y estudio de los resultados obtenidos por ella.

d) Dirección técnica de la Sección de tratamientos térmicos y comprobación del estado de las piezas tratadas.

e) Dirección de la Sección de galvanotecnia y recubrimientos de protección, desde el punto de vista de la técnica que los procesos que en ella se efectúan.

f) Asesoramiento técnico de las Secciones de soldadura.

g) Verificación de los defectos físicos de las piezas en curso de fabricación y terminadas.

h) Estudio de las causas de bajas de piezas, debidas a defectos de material, con vistas a eliminar tales causas.

i) Estudio de las averías ocurridas en motores o vehículos en funcionamiento, desde el punto de vista de calidad, estado y adecuación de los materiales.

j) Estudio de las posibilidades de aplicación a la fabricación, de los adelantos y perfeccionamientos adoptados por la industria mundial.

Bajo estos títulos se agrupan una serie de trabajos elementales, de los cuales unos, los de estudio e investigación, son sumamente variados. Abarcan, por ejemplo, desde la redacción de notas técnicas de información hasta el estudio y puesta a punto para su aplicación de materiales y métodos de trabajos nuevos; otros, los que podríamos llamar de comprobación normal de la fabricación, aunque también de índole muy variada, pueden exponerse en líneas generales con más detalle, ya que su aplicación es regular y constante.

Con el orden establecido anteriormente vamos a indicar estas operaciones que llamamos de comprobación.

a) Recepción de primeras materias.—Todas las primeras materias recibidas en la fábrica son recibidas tras efectuar la determinación de su composición química y sus características físicas y mecánicas, según convenga a la índole del material.

Así se verifican los materiales de construcción, metálicos y no metálicos, primeras materias con destino a fundición, tierras, arenas y aglutinantes para la fabricación de moldes y machos, productos químicos con destino a galvanotécnica, pinturas y barnices para protección, combustibles sólidos y líquidos, aceites para engrase y corte, líquidos refrigerantes, varillas y electrodos para soldaduras, refractarios, etc. También se realizan ensayos de recepción de las piezas forjadas, fundidas o terminadas, grupos o conjuntos, accesorios y herramientas procedentes del exterior.

b) Comprobación de fundición.—En fundición se dispone la composición de las cargas, basándose en los análisis previos de las primeras materias, se vigila y regula la marcha de la fusión en los hornos y cubilotes, realizándose, en éstos últimos, análisis de los gases y escorias y se aseguran las temperaturas correctas de colada mediante mediciones con pirómetros ópticos o de inmersión. Las características de los productos obtenidos se verifican mediante ensayos de colabilidad y templabilidad durante la colada, análisis químicos y ensayos mecánicos posteriores sobre probetas fundidas con las piezas y examen micrográfico para observar su estructura. En las piezas se realizan ensayos de detección de defectos y pruebas de presión en la que lo requieran. Se comprueba también rigurosamente la composición y características de las tierras utilizadas en los moldes, con objeto de reducir al mínimo el número de defectos que éstos pueden originar sobre las piezas en caso de estar en malas condiciones.

c) Asesoramiento de la sección de forja.—En forja se determinan y regulan las temperaturas y coeficientes de forja. Se verifica la estructura de las piezas forjadas, macrográfica y micrográficamente. Las piezas forjadas son sometidas a ensayo de reconocimiento físico.

d) Vigilancia de tratamientos térmicos.—En tratamientos térmicos se mantiene una rígida vigilancia de la pirometría. Se determinan los tratamientos a que deben someterse las distintas piezas, y se verifica su ejecución mediante ensayo individual de dureza en todas las piezas tratadas, para lo cual existe en la misma sección máquinas de dureza BRINELL y ROCKWELL, y en ciertas piezas delicadas, cigüeñales, bielas, etc., mediante la determinación de las características mecánicas sobre probetas tomadas de excedentes de las piezas, dejado a tal efecto. Para regular la marcha de las operaciones de endurecimiento superficial, cementación y nitruración, se utiliza el examen de probetas testigos y análisis de gases; posteriormente los resultados obtenidos se verifican mediante ensayos de dureza, medición del espesor de la capa endurecida y en ciertos casos examen micrográfico.

e) Vigilancia galvanotécnica.—Las operaciones de la sección de galvanotecnia y recubrimientos de protección se regulan mediante los análisis previos de primeras materias, análisis periódicos de los baños y determinación del espesor, adherencia y resistencia a la corrosión de los recubrimientos obtenidos.

f) Soldadura.—Las secciones de soldadura reciben instrucciones para la aplicación de los distintos materiales de aportación, las cuales se determinan en el laboratorio mediante ensayos tecnológicos y físico-tecnológicos adecuados a esta finalidad.

g) Verificación de defectos físicos.—Antes de comenzar la manufactura se verifican los materiales con objeto de rechazar los que presenten defectos físicos; durante la fabricación esta verificación se repite después de todas aquellas operaciones que puedan dar origen a tales defectos y, en algunos casos, se vuelven a verificar las piezas una vez terminadas.

h) Estudio de bajas.—Las piezas rechazadas en verificación durante el curso de la fabricación, como consecuencia de defectos de material, son estudiadas por el laboratorio. Se realizan para ello observaciones de los defectos ópticos adecuados y los ensayos y análisis necesarios para determinar las causas de tales defectos.

i) Estudio de averías.—Las piezas rotas o averiadas en curso de funcionamiento, cuando la deficiencia no es clara, consecuencia de defecto puramente mecánico, son estudiadas en el laboratorio para poner de manifiesto los defectos causantes de la rotura o avería.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

SITUACIÓN

El antiguo laboratorio de la fábrica «Hispano Suiza, S. A.», que ocupaba una superficie total de 187 m^2., ha sido ampliado hasta poseer en la actualidad una superficie de 520 metros cuadrados, contando la superficie de los vestuarios y sanitarios. El local ocupa toda la planta baja del edificio de oficinas técnicas y jefatura de fabricación y una pequeña zona del nuevo edificio de almacén, teniendo comunicación directa con ésta, como se indicará más adelante.

El laboratorio está fundamentalmente dividido en dos secciones.

Análisis químicos

La Sección de análisis químicos está constituída por una sala general de 70 m^2. con dos masas de análisis para cuatro plazas cada una, una mesa especial para filtrado con instalación electromecánica de vacío, una mesa de análisis volumétrico con instalación de buretas de llenado automático, seis vitrinas de aspiración forzada con longitud total de trabajo de 7 mts. y una mesa especial para estufas de secado y hornos de calcinación, los cuales son eléctricos con regulación automática de temperatura; en un soporte especial con amortiguación por muelles se halla montada una centrifugadora. En comunicación directa con la sala de análisis general se hallan las salas de limpieza de material, balanzas, análisis especiales y ensayos de tierras de fundición. La sala de limpieza tiene un amplio armario para el material limpio, que es accesible también desde la sala de balanzas. Esta última tiene capacidad para cuatro balanzas, situadas en dos mesas aisladas antivibratoriamente del pavimento. Posee, además, un armario archivo especial para muestras y muestras tipo.

La sala de análisis especiales cuenta con un aparato para análisis potenciométrico STROHLEIN, un fotocolorímetro ETCO, una bomba calorimétrica BAIRD & TATLOOK, un equipo para análisis electrolítico de la misma marca y un aparato de construcción particular con dos buretas STROHLEIN para la determinación del carbono en aceros y fundiciones.

La sala de ensayos de tierras está dotada de todos los aparatos necesarios para los ensayos físico-tecnológicos de las tierras y arenas de moldeo. La sala de análisis espectrográficos de 12 m^2 de extensión, ocupada por un espectrógrafo HILGER de tipo medio, proyector de espectros y un microfotómetro comparador de la misma marca para análisis espectrográfico cuantitativo.

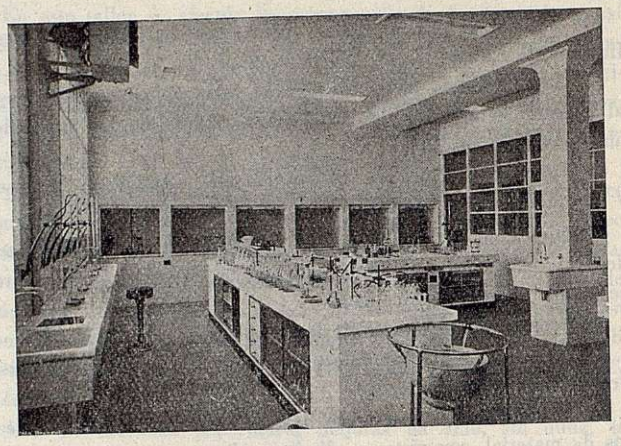


Foto 6.—Sección de análisis. Laboratorio.

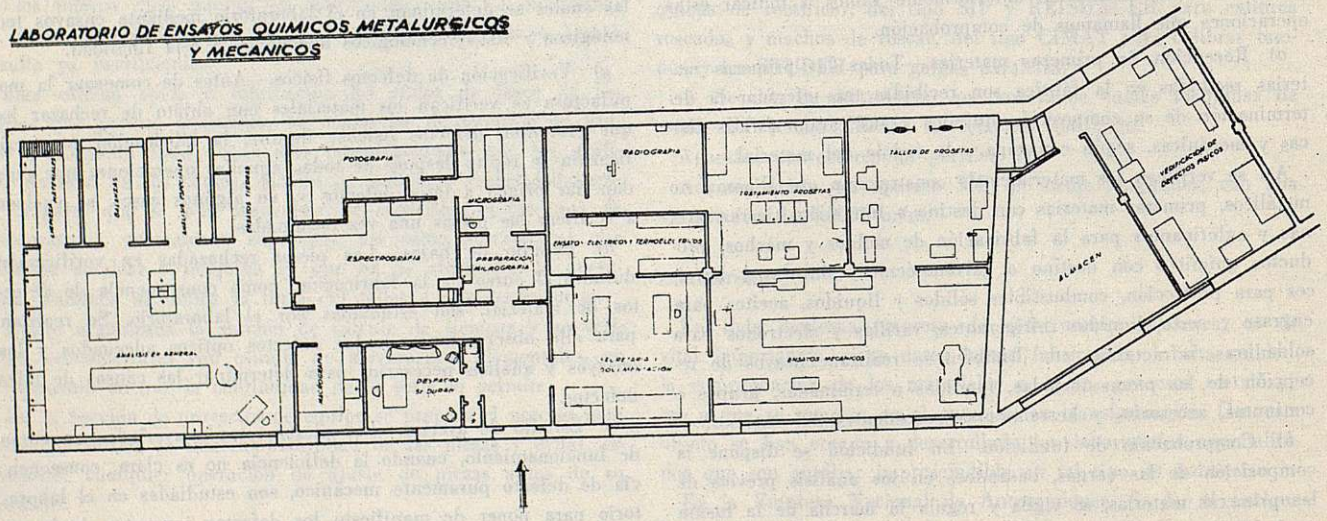
Sección de ensayos físicos y mecánicos

Esta Sección comprende:

La sala de ensayos mecánicos; en ella se hallan emplazadas una máquina AMSLER para ensayos de tracción, compresión y flexión de 20 Tn., un tensómetro para el mismo tipo de ensayos, con pequeñas cargas, hasta de 2.000 Kgs., un péndulo CHARPY, de 30 Kg., para ensayos de resiliencia, una máquina BRINELL,

EMPRESA NACIONAL DE AUTOCAMIONES S.A.
FABRICA DE BARCELONA

LABORATORIO DE ENSAYOS QUIMICOS METALURGICOS Y MECANICOS



Plano núm. 5.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

otra universal BRINELL-VICKERS, marca DIATESTOR, y un asclarómetro SHORE para ensayos de dureza y una máquina AMSLER para ensayos de fatiga con flexión alternada. Está prevista la adquisición de máquinas para ensayos de embutición, de flexión, de fundición y de doblado y algunos modernos accesorios complementarios de las máquinas existentes.

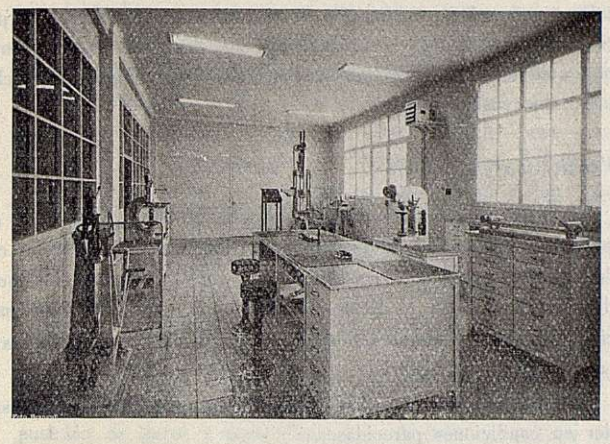


Foto 7.—Laboratorio. Sección de ensayos mecánicos.

El taller de preparación de probetas y toma de muestras está actualmente en curso de montaje.

La sala de tratamientos térmicos de probetas con hornos eléctricos de regulación automática, alguno de ellos ya instalados y otros aún por instalar, y baños de agua y aceite para el enfriamiento.

La instalación de radiografía, que ocupa 20 m², estando dividida en dos departamentos: La cámara de aparatos, revestida interiormente de plomo y para protección del personal que trabaja en las salas contiguas y la cámara de mandos. La pantalla para radioscopia está situada en la pared de separación de las dos cámaras. Está equipada con un aparato PHILIPS MARCO 150 con tubo METALIX de 150 KV. y 20 mA.

Las salas de micrografía son dos: una, dedicada a la preparación de probetas micrográficas, pulimento y ataque, con pulidoras horizontales y verticales, prensa para montaje de probetas en material plástico e instalación BUEHLER para electro-pulido, y otra sala para observación con banco metalográfico LEIZTWTZLAR y los archivos de probetas y microfotografías.

La sala de macrografía.

Una sala para ensayos eléctricos, dilatometría y ensayos de pirómetros.

La sala de detección de defectos físicos ocupa 42 m² y comunica directamente con el almacén de primeras materias, del que se pasa el material a esta Sección para su verificación. Está equipada con detectores magnéticos, Magnaflux y J. Jhonson Fel, un banco de observación de diseño propio y puentes desmagnetificadores.

Como instalaciones complementarias de laboratorio existe una sala dedicada a laboratorio fotográfico de 15,5 m², que comunica a través de un laberinto con las salas de espectrografía y micrografía, posee máquinas ampliadoras horizontal y vertical, máquina abrillantadora para fotocopias y un armario secador eléctrico con corriente de aire caliente. Está prevista la adquisición de un equipo revelador especial para el trabajo de espectrografía.

Un almacén de productos y una habitación donde se hallan los equipos de aspiración general de las salas y tiro forzado de las vitrinas, suministro de aceite comprimido y agua destilada, los cuales se mandan eléctricamente por medio de contadores desde la sala de limpieza.

El despacho del ingeniero jefe y la oficina de Secretaría y Documentación se hallan junto a la puerta de entrada.

Los vestuarios y sanitarios están en una planta contigua y a nivel inferior del laboratorio.

SERVICIO DE VERIFICACIÓN

Uno de los fines principales que debe alcanzarse en una industria es la calidad del producto ofrecido al mercado; por consiguiente, es necesario establecer un sistema completo de verificación que fiscalice todos aquellos puntos del desarrollo del programa de fabricación susceptible de alterar la calidad del producto elaborado.

En la organización del servicio de verificación actual se han introducido importantes mejoras respecto al tiempo de la «Hispano Suiza», como se detalla a continuación, pero, sobre todo, se ha creado un espíritu rígido en la misma, de tal manera que se asegure la perfecta intercambiabilidad de piezas, que aseguren los repuestos y que, además, permitan proscribir en el montaje como así se ha hecho, toda operación manual de ajuste.

La Sección de verificación se halla dividida en dos grandes grupos: Verificación fabricación y verificación montaje, pruebas y carrocerías, con absoluta independencia entre sí, y dependiente cada una directamente del jefe de servicio.

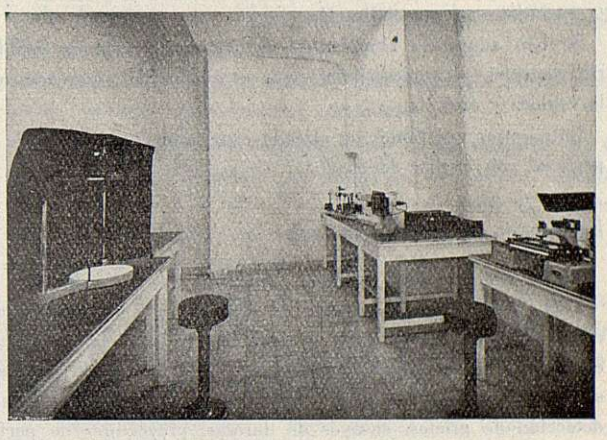


Foto 8.—Laboratorio. Sección de espectografía.

El primer grupo atiende a la buena manufacturación de las piezas hasta su entrada en almacén de piezas terminadas y consta para la serie propiamente de: Verificación primeras materias, verificación proveedor, verificación de fases de fabricación y verificación de piezas terminadas, además de otros anexos: Sala de metrología, verificación taller de producción auxiliar, verificación repuestos, verificación experimentos. El aspecto de verificación

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

función y verificación tratamientos térmicos se ha atendido por el laboratorio.

El grupo verificación de pruebas, montaje, carrocerías, atienden principalmente al buen montaje, funcionamiento y acabado de los grupos y vehículos.

Verificación de primeras materias

Verifica dimensionalmente los perfiles del proveedor.

Traza la primera pieza de fundición a cada nuevo modelo o a cada nueva serie de piezas, de las que puede preverse alguna variación en su moldeo.

Verificación de proveedor

De proveedor se reciben, además de las materias primas, algunos pequeños grupos (termostados, cerraduras, etc.), algunos de los elementos completos (radiadores, etc.), algunas piezas terminadas (resortes, etc.) y algunos productos semi-facturados (como parabrisas, etc.), que ensayan en todos los aspectos exigidos en el pedido y en las especificaciones técnicas verificadores destinados a este fin convenientemente equipados.

Parte importante de elementos recibidos de proveedor de los que interesa su verificación funcional, como son: motores de arranque, dínamos, distribuidores, carburadores, bombas de combustible, equipo de inyección, etc., se atienden desde la sala de pruebas, donde se verifican con bastantes medios modernos adquiridos últimamente, como son: bancos Rabotti y bancos especiales para cada elemento.

Verificación de fases de fabricación

Se ha mejorado por reorganización interior, repartiendo los verificadores por las diversas líneas de mecanizado, lo que aumenta y mejora su especialización.

Se han adquirido abundantes medios, como calibres, mobiliario, aparatos para mediciones para precisión SIP, que aumentan la rapidez y eficacia.

Entre otras cuestiones se atiende especialmente al acabado superficial con medios adecuados.

Verificación de piezas terminadas

Se ha aumentado el espacio y modernizado el mobiliario.

Está orientada en el aspecto de atender cada vez más al concepto funcional de la pieza y ligar las distintas fases entre sí, en vez de ser una exacta repetición de la verificación de fases; se han aumentado mucho los medios con modernas máquinas de detección de grietas, ensayos de durezas, proyectores de perfiles y medidores del acabado superficial.

Además de atender, como se ha dicho, el acabado exterior de la pieza con sus radios, chaflanes, etc., se presta también primordial atención a la intercambiabilidad.

Funciona con buen criterio y buen ritmo de actividad.

Verificación del taller de producción auxiliar

Todo lo que fabrica este taller se atiende por verificación a la salida del mismo.

Los calibres, plantillas y herramientas especiales se verifican en la sala de metrología.

El herramental, las piezas experimentales, etc., las verifica personal especializado, destinado exclusivamente a este fin.

Verificación de experimentos

Hay personal de verificación desplazado en la Sección de experimentos que efectúa la ulterior revisión de piezas para prototipos, atendiendo también las instrucciones y necesidades de dicho taller de experimentos.

Verificación en montaje

La verificación en montaje comprueba el correcto montaje de motores y grupos del auto-bastidor, las holguras del conjunto correspondiente, atiende las dificultades que accidentalmente pueden presentarse en el ajuste y montaje de estos conjuntos parciales, revisa los motores después de la prueba y recopila para cada vehículo su historial.

También se verifica la colocación de grupos en el auto-bastidor en condiciones parecidas.

Verificación de pruebas

La Sala de pruebas de serie modernamente equipada con dos centrales RANZI y varios frenos FROUDE efectúa las primeras y segundas pruebas de motores en dichos bancos, con todas sus comprobaciones correspondientes a potencia, consumo, regularidad, temperatura, etc.

También ensaya funcionalmente otros grupos de auto-bastidor.

Después de montado el vehículo efectúa la prueba de carretera, y, una vez listo de carrozado y pintura, efectúa su última revisión antes de la entrega al cliente, unificando así el criterio de calidad de la empresa.

Además, verifica funcionalmente los elementos procedentes de industrias auxiliares, tal como se ha explicado al hablar de verificación proveedor.

Verificación de carrocerías

Los verificadores situados en carrocerías han contribuído notablemente a mejorar la calidad de este sector de la fábrica, y también han realizado una labor muy eficaz en la mejora y unificación de las garitas fabricadas por proveedor.

SERVICIO DE INSPECCIÓN

Dependiente del mismo jefe de Servicios de Verificación, existe el de inspección que, entre otros muchos aspectos, se ocupa de toda la de la calidad, del taller de producción y actúa principalmente super-visando y orientando a verificación.

Para dar una visión clara de las pérdidas, se clasifican las bajas de verificación por culpabilidad y se editan mensualmente resúmenes y gráficos, y se sacan conclusiones que se hacen constar en comunicados, insistiendo para ir mejorando constantemente.

Este servicio se inició en el último trimestre del año 1947, y

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

con su labor desarrollada hasta la fecha, se ha aumentado notablemente la calidad de los productos elaborados.

Tratamientos térmicos

La Sección de tratamientos térmicos está situada en un edificio de planta baja y piso. Está la planta baja dividida en dos grandes salas, en una de las cuales se hallan las baterías y hornos de «fuel-oil» y de carbón, en las cuales se efectúan las operaciones de cementación y tratamiento de material en barra y piezas pesadas; en ésta se hallan también las máquinas de comprobación de dureza y la zona de preparación de cajas para cementación La. piromtetría de los hornos de estas baterías tiene los aparatos de medición en un puesto central, y las temperaturas se regulan a mano; los baños de enfriamiento, con agua y con aceite, son de grandes dimensiones, con agitación por aire, y con camisa de aire para el enfriamiento de los de aceite.

La segunda de las salas de la planta baja contiene tres hornos eléctricos para nitruración y tratamiento de aleaciones ligeras, equipados con aparatos para la verificación de la composición de gases y mantenimiento y registro automático de las temperaturas.

En habitación situada entre las dos salas de la planta baja se halla instalado el equipo para la limpieza de piezas por chorro de arena.

En el piso superior, que es accesible desde la planta baja por medio de escalera y montacargas, se hallan los hornos eléctricos para temple y revenido; dos de ellos, de carborundum, para el tratamiento a elevadas temperatura, y uno, para tratamiento en baños de sales. Todos estos hornos están equipados con aparatos de registro y gobierno automático de temperatura.

En otra sala del piso superior se encuentra la instalación de estañado y sellado de cojinetes de metal antifricción, y hornos de crisol con calefacción por gas para tratamiento de pequeñas piezas en baños de sales.

Actualmente está en proyecto el montaje de un horno vertical para tratamiento de barras de torsión, y de un nuevo horno de nitruración, así como la instalación de «monorails» para el manejo de piezas pesadas.

Fundición

En la actualidad se encuentran en curso de ejecución las obras para la ampliación y modernización del taller de fundición, y está ya prácticamente terminada la construcción de los vestuarios e instalación sanitaria para el personal de esta Sección.

Estas dependencias ocupan la primera planta de la construcción existente, lindante con el taller y entre éste y la fundición, con la fachada anterior en el patio que hay entre ambas naves.

Existen dos dependencias con entrada independiente para el personal masculino y femenino de la Sección, y disponen de espaciosos armarios y magnífica instalación de lavabos, duchas, etcétera.

En la planta baja, y debidamente acondicionado con muretes de división, queda un magnífico parque para el almacenamiento de lingote, coladas propias, etc.

En la nueva planta para la fundición se dispondrán en una superficie superior a la actual, por anexionársele una nave perteneciente a los antiguos almacenes.

La cubierta, completamente nueva, se situará a altura muy superior a la de la actualmente existente, lo que eliminará las innumerables columnas de obra que por su número y volumen entorpecen la disposición y movimiento por la planta actual. Queda el local mucho más iluminado y ventilado, con la posibilidad de mejor acondicionamiento en el interior para trabajo más higiénico y limpio.

Una batería de silos de palastro elevados y de dimensiones proporcionadas al volumen de tierra que se utiliza en la Sección, servirá para el acondicionamiento de las tierras y arenas de moldeo, y quedará dispuesto el patio de la fundición frente a la entrada de los camiones, a la descarga de los cuales un elevador distribuidor dirigirá las arenas a un silo correspondiente.

De éstos, mediante cintas transportadoras, las tierras o arenas serán elevadas a la estación de preparación donde, en las máquinas respectivas se efectuará la preparación, y mediante cintas aéreas adecuadas, serán distribuídas a las secciones correspondientes a la fábrica de machos o de moldeo en plaza o máquinas de moldeo.

En la Sección de fabricación de machos, se dispondrán convenientemente las máquinas de soplado y las mesas de trabajo, y cintas transportadoras recogerán los noyos fabricados para llevarlos a las estufas de secado.

Se procede a la construcción de una nueva estufa de secado de gran capacidad con circuito de aire caliente.

Las máquinas de moldeo convenientemente dispuestas en la cadena de fusión permitirán la ejecución de los moldes para su fusión inmediata, con objeto de obtener el rendimiento adecuado.

Adecuado circuito de vagonetas proporciona la posibilidad de fusión continua completamente mecanizada.

En dicho circuito, independientemente de las máquinas de moldeo citadas, se dispondrán las estaciones de secado superficial correspondientes para proceder al secado en profundidad conveniente de los moldes, que deben fundirse en esta forma sin interrupción y durante la marcha de la fusión.

Tanto en las Secciones de hierro como en las de aleaciones ligeras y otras aleaciones no férricas, la disposición mecánica para la fusión conducirá a la Sección de desmoldeo, donde en unas rejillas se efectuará el desmoldeo mecánicamente.

La tierra recogida en la parte inferior será transportada mediante las correspondientes cintas subterráneas, para su recuperación y regeneración. Las piezas pasarán a la Sección de rebarbar, de la que, también mecánicamente, serán llevadas al almacén respectivo. Junto con la ampliación y modernización de la Sección, se procede también a la ampliación y modernización de las máquinas y elementos de trabajo de la misma, tanto en lo que se refiere a las de preparación de arenas como a las estufas ya citadas o a los hornos de fusión, entre los que se procede a la instalación de un horno para fusión de aleaciones ligeras de gran capacidad.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Talleres de mecanización

Con objeto de aumentar la producción de los programas dispuestos, ha sido preciso efectuar una reorganización a fondo de los mismos, disponiendo las máquinas, herramientas, en líneas de fabricación, por tipos de pieza en vez de agrupación de las mismas en secciones por tipos de máquina, como estaban anteriormente. Esta nueva distribución permite la regulación mucho más simplificada de la marcha de la fabricación y responsabilidad más directa de los mandos subalternos. Actualmente se encuentran las máquinas agrupadas en 27 líneas de fabricación.



Foto 9.—Taller de mecanización general. Líneas de trabajo.

Se han efectuado adquisiciones de máquinas nuevas, tales como tornos automáticos, talladoras de engranaje, rectificadoras, tornos, brochadoras, etc., con objeto de substituir parte de la maquinaria antigua, y poder completar las líneas.

Como innovaciones principales introducidas pueden citarse:

1.º Mejora en la construcción de tornillería, empleando roscas laminadas, con tolerancia de fabricación de acuerdo con las normas C. E. T. A.

2.º Motorización de las máquinas-herramientas, abandonando el anticuado sistema de contra-marchas.

3.º Introducción en la línea de fabricación de ruedas dentadas, de tornos automáticos, con la consiguiente disminución en los tiempos de fabricación.

4.º Brochado completo de todos los perfiles acanalados interiores, con máquinas y brochas de gran precisión.

5.º Adaptación a la mecanización del bloque motor de un conjunto de máquinas especiales.

6.º Instalación del aire comprimido en todo el taller (parte, en construcción, y, parte, instalado), lo que, además de facilitar la limpieza de las piezas en las operaciones de roscado en aleaciones ligeras, permitirá el acoplamiento de sujeciones neumáticas en las máquinas y en todo el herramental.

7.º Empleo en gran escala de las herramientas de metal duro, tanto de tornos como platos de cuchillas y ángulos positivo y negativo.

8.º Gobierno de fabricación de los engranajes mediante máquinas especiales.

9.º Máquinas modernas para el rectificado de ejes acanalados.

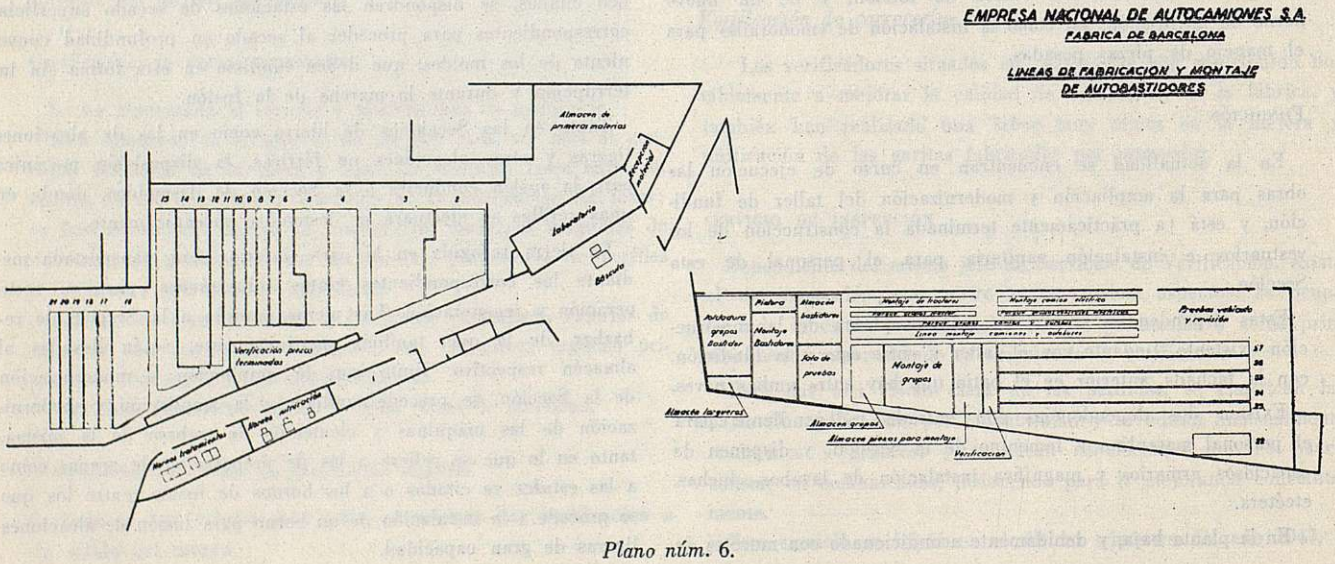
La producción con el nuevo sistema de líneas de fabricación ha aumentado considerablemente, y se tiende a organizar dos turnos completos de trabajo, en parte, ya existente este segundo turno, aunque aún no completo por falta de personal.

Montaje

Una vez terminadas las obras de ampliación del actual montaje, quedará distribuído en la siguiente forma:

Montaje de bastidores

Al fondo, y en la parte nueva, irá toda la Sección de montaje de largueros y bastidores, en la cual se recibirán los largueros,



Plano núm. 6.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

travesaños y piezas que integran el grupo bastidor, y que vienen de otras Secciones. En dicha Sección se montarán todos los elementos que integran el grupo bastidor, y quedará éste completamente terminado, pintado y almacenado en la parte adyacente a las cadenas de montaje de grupos sobre bastidor.

Sala de pruebas

Al lado del almacén de bastidores terminados se instalará la nueva Sala de pruebas de motores, grupos mecánicos como son GRUPO DIFERENCIAL, CAMBIO, DIRECCIÓN, y, además, la prueba de los grupos que vengan de proveedor.

Montaje de grupos.

A continuación de la Sala de pruebas, y hasta donde llegan las líneas de mecanización que existen en dicha nave, se distribuirán dicho espacio entre tres zonas, destinadas al montaje de grupos. Estas zonas serán:

1.º Empezando por la parte de la Sala de pruebas, Almacén de grupos montados y probados, y a continuación, la segunda zona, de mayor superficie, destinada al montaje propiamente dicho de grupos, y entre esta zona y la parte de mecanización habrá una tercera, destinada a almacén de piezas grandes para el montaje de grupos.

Montaje sobre bastidores

En la zona que queda limitada por el almacén de bastidores, por una parte, montaje de grupos, taller de mecanización, por otra parte, por la pared que da al interior del recinto de fábrica, y, al final, hasta la segunda puerta de dicha nave, tal como se ve en el croquis, estará destinada al montaje sobre bastidores. Dicho montaje se prevé en el futuro que esté dividido en tres partes: la primera, que queda al lado del montaje de grupos y de las líneas de mecanización destinada a la CADENA de montaje de CAMIONES, AUTOBUSES y montaje de todos los elementos en el bastidor, comunes a los camiones DIESEL y a los camiones eléctricos. La segunda, o sea, la que queda al lado de la calle de la fábrica y empieza en el almacén de bastidores, estará destinada a una pequeña CADENA de montaje de tractores, que vendrá a ser, aproximadamente, la mitad de la de camiones y autobuses, y a cuyo final se abrirá una puerta que dé al recinto de la fábrica. Tercera parte; a continuación de dicha puerta, existirá otra CADENA de montaje destinada al montaje de grupos eléctricos para los camiones de dicha clase, cuyos bastidores ya montados, los puentes traseros y delanteros, se pasarán de la parte primera a la tercera para el montaje de los grupos correspondientes.

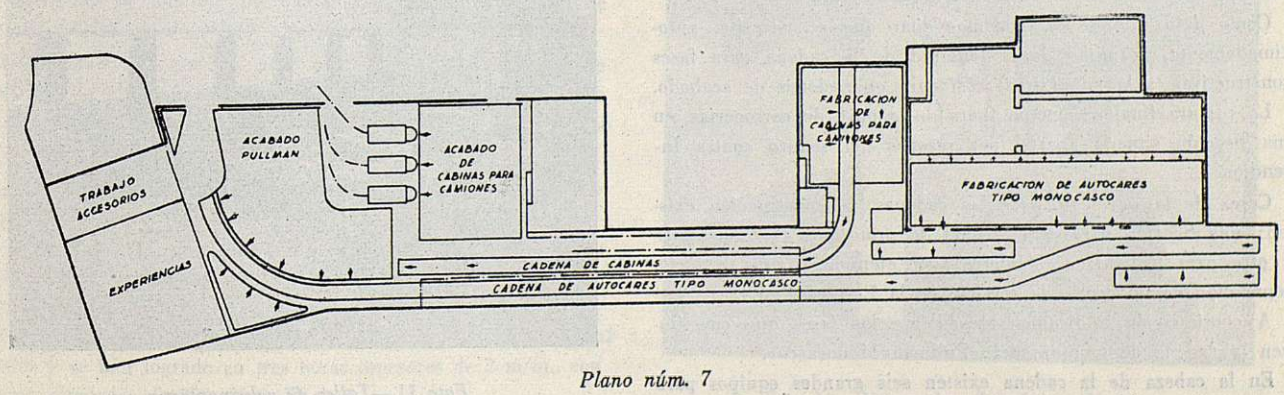
Prueba de vehículos

Al final de dichas cadenas de montaje, y entre las dos puertas existentes en dicha nave, queda la última zona, destinada a los vehículos montados para hacer su puesta a punto y las pruebas de carretera.

CARROCERÍAS

Como se ve en el plano de la fábrica que indica la situación actual, la Sección de carrocerías ha experimentado notable ampliación, ya que ha pasado de una superficie total en tiempo de «La Hispano Suiza» de 2.300 m², a una actual de 5.800 m².

En este departamento se construyen todos los elementos que constituyen la garita del PEGASO-DIESEL, así como también se efectúa el montaje de la misma sobre el auto-bastidor. De la misma manera, está acondicionada para fabricación simultánea de las carrocerías de autocares, o del «Pullman Monocasco», que es el autocar con carrocería portante, ruedas delanteras indepen-



Plano núm. 7

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO



Foto 10.—*Taller de carrocerías. Montaje de cabinas para camión.*

dientes y suspensión mediante barras de torsión, vehículo que constituye una construcción emprendida por vez primera en España.

La producción de garitas para autocamión alcanza en la actualidad el ritmo de 45 mensuales.

Simultáneamente a la fabricación de garitas, se pueden construir seis autocares mensuales, que paulatinamente se aumentarán hasta 10.

Una vez completamente puesta a punto la nueva nave de carrocerías, se prevé alcanzar una producción de 90 cabinas de autocamión mensuales.

En el plano que se une a esta Memoria, se observa una zona de fabricación de las piezas constitutivas de la carrocería, y que, aproximadamente, constituye 1/7 de la superficie total de las naves.

Existen dos cadenas de montaje, una para las garitas, y la otra para las carrocerías de los autocares (bien normales o del tipo monocasco).

Inmediatos a las cadenas están emplazados los equipos de montaje de los grupos parciales.

En la parte central de la cadena existen estufas para el secado de la preparación de pintura.

La parte final de la cadena tiene las fases de montaje de la garita o carrocería sobre autobastidor, o bien, en el caso del tipo monocasco, en que la carrocería constituye el bastidor, montaje sobre la misma de los diferentes grupos mecánicos.

Como dato interesante, podemos citar que se necesita, aproximadamente, la mitad de la longitud de la cadena para fases constructivas, y la mitad final casi para operaciones de acabado.

La pintura final se efectúa fuera de la nave de carrocerías, en una Sección situada aparte, por razones del seguro contra Incendios.

Cerca de la parte final de las cadenas de construcción existen: una Sección para construcción de prototipos experimentales y otra para trabajos accidentales (por ejemplo, alguna pequeña reparación de un coche de servicio en la Empresa, etc.).

A continuación, indicamos brevemente las fases que constituyen la cadena de montaje del «Pullman Monocasco».

En la cabeza de la cadena existen seis grandes equipos para el montaje de las partes laterales, delantera, trasera y piso, así como otro para el enchapado.

Las fases, en números de once, son esquemáticamente como sigue:

Fase primera, se monta el piso.
» segunda, partes laterales y anterior y posterior.
» tercera, repaso a la muela y pintura antióxido.
» cuarta, techo, paso de ruedas y final del piso.
» quinta, repaso del coche, soldaduras con estaño de piezas pequeñas.
» sexta, desoxidación con ácido fosfórico, alcohol y agua, lavado con agua caliente a 45° y secado con aire caliente.
» séptima, » octava } preparación de la pintura.
» novena, » décima, » undécima } acabado y montaje de grupos mecánicos.

Para todas las operaciones de soldadura se emplean aparatos de soldadura eléctrica por puntos, portátiles que deslizan sobre monorriel.

Como dato final, es de notar que, al formar el armazón, los conjuntos parciales van ya emplanchados, lo que facilita el trabajo, y un método propio de E. N. A. S. A., ya que en el extranjero se procede al emplanchado sobre el esqueleto ya formado.

Sección de galvanotecnia

La empresa cuenta con una Sección de tratamientos de protección, destinada a dar, por procedimientos electrolíticos o químicos, depósitos adecuados que eviten, en prinpicio, los problemas de corrosión que se presentan en las piezas durante su uso.

También se efectúan protecciones electrolíticas o químicas a piezas que al someterse a tratamientos térmicos, se desea que éste no actúe sobre determinada parte de la pieza, como, por ejemplo, el cobreado en la cementación y el estaño en la nitrutación.

En un principio, se contaba con una instalación de baños normales tipo WATTS, cuyas cubas de depósitos electrolíticos de desengrase o cobreado, cobreado alcalino, cobreado ácido, niquelado y cadmiado, procedía de la sociedad francesa Waldberg. Existía

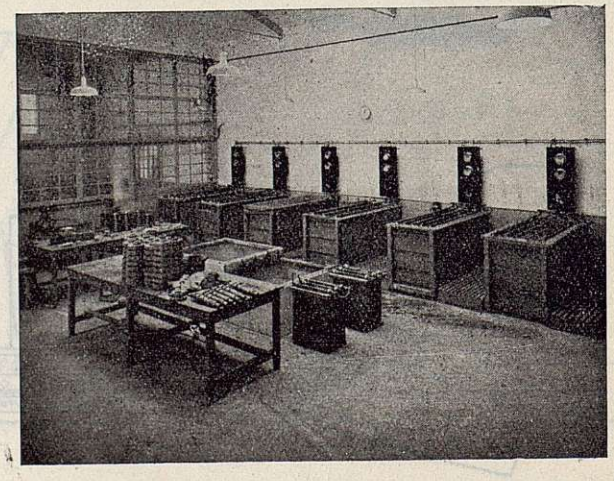


Foto 11.—*Taller de galvanoplastia.*

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

también una instalación de cromado tipo Phanhanser. Estas instalaciones fueron instaladas en 1924 y 1930.

Con objeto de evitar los problemas que se presentan en las deposiciones electrolíticas tipo WATTS, tales como deficiencia en la adherencia, porosidad, cráteres, superposición de capas, espesores mínimos y tiempos de trabajo excesivo, fué necesario renovar las instalaciones existentes. Con este objeto, se han instalado baños electrolíticos de cobre rápido-brillante, cobre alcalino y cobre ácido. También se ha instalado un baño de níquel rápido, brillante, cuyo electrolito contiene sales de cobalto y orgánicas; como se sabe, este depósito, además de poder alcanzar gran espesor y brillo característico, reúne la ventaja respecto al niquelado corriente de mayor dureza, penetración y máxima adherencia.

Todos estos tipos de depósitos electrolíticos han sido estudiados de acuerdo con las necesidades de nuestra industria, para aumentar el rendimiento de producción. Las soluciones son diariamente comprobadas, filtradas continuamente, y el líquido es continuamente agitado para que la zona de contacto con la pieza se renueve constantemente, así es que la capa se obtiene en condiciones óptimas, y se puede suprimir la operación de pulido.

Se ha instalado una nueva cuba para el desengrase previo, mediante electrolito que actúa en fase catódica o anódica, según el material que se ha de desengrasar.

Con estas instalaciones se pueden efectuar depósitos electrolíticos de cobre y de níquel sobre 70 dm^2, en un tiempo de 30 minutos.

En las instalaciones electrolíticas de cadmio y estaño se ha mejorado el rendimiento anódico mediante la puesta a punto de los electrolitos.

La antigua instalación de cromado se ha transformado en una de cromado brillante, con lo que se han logrado depósitos de brillo característico de gran penetración y poca porosidad. La cuba ha sido protegida con politeno. Se ha tenido muy en cuenta en este depósito ánodo-cátodo, y la exacta composición del electrolito, así como su regulación.

Desde hace más de un año funciona en la factoría una instalación-piloto de cromado duro, en la que se ha logrado depósitos de 0,05 m/m. por hora de trabajo-baño, con durezas alrededor de 1,030 cifras Wickers. Con esta instalación-piloto se ha procedido a efectuar ensayos para el cromado en serie, en especial, aros de pistón y bielas, así como proceder a la recuperación de piezas dadas en baja en el taller por pequeños errores al rectificar.

Resueltos los problemas que planteaba el cromado duro, se ha procedido al montaje de una nueva instalación capaz de efectuar 40 dm^2 de depósitos simultáneos.

Otra instalación que se está poniendo a punto es la de anodizado de aleaciones ligeras. Se logran en ella, en un tiempo de unos 12 minutos, tipos de protección que resisten tensiones de 300 a 400 V.

La Sección cuenta también con una instalación de fosfatado para protección de materiales férreos. Son gran número de piezas del camión las que se someten a esta protección, con lo cual se han suprimido muchos factores de corrosión en las mismas.

Se ha montado también una instalación-piloto de niquelado de espesor, y se han logrado en tres horas espesores de 2 m/m., con durezas alrededor de 320 cifras Wickers.

De la misma manera, se efectúan ensayos de pulido electrolítico con satisfactorios resultados.

Almacenes

Se ha procedido al traslado de situación del almacén de primeras materias, el cual quedaba completamente separado de las zonas en cuya inmediación debe quedar, ya que, además, existía la particularidad de que la báscula de pesaje de camiones estaba instalada en lugar diametralmente opuesto al mismo, lo que era motivo de que los camiones tuviesen que efectuar largo recorrido completamente innecesario. En la actualidad, se ha emplazado el almacén cerca de uno de los accesos de la factoría y completamente próximo a los talleres de mecanización y del laboratorio, lo cual facilita los transportes y la verificación de entrada de materiales.

Se han efectuado también reformas en el almacén de piezas terminadas, y se han variado, además, sus accesos, de tal manera que queden emplazados lo más cerca posible de la nave de montaje, su natural usuario.

Los almacenes de pinturas, por razón del seguro de incendios, se ha previsto en la misma nave que la Sección de pinturas.

Taller de asistencia y garantía

Se ha construído de nueva planta, como se ve en el plano de obras. Constará de una zona de oficinas para atender a los clientes y de un taller de magnitud adecuada para prestar la garantía adecuada al número cada vez mayor de unidades en circulación. Con este mismo fin se ha ampliado considerablemente el taller de construcción de repuestos, añadiéndole nuevas máquinas y motorizándolas, abandonando el sistema de contramarchas.

Labor social

Al hacerse cargo la Empresa Nacional de Autocamiones, S. A., de estas instalaciones han sido muchas las dificultades que ha tenido que vencer para dar a sus productores una serie de mejoras que alivien la carestía de vida actual.

De las principales son los comedores para el personal, donde

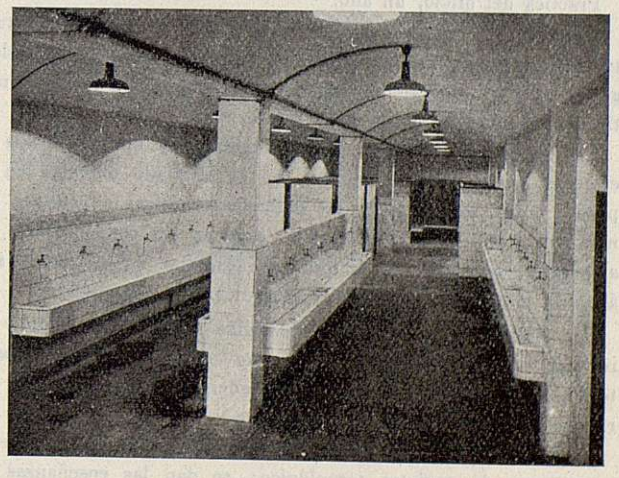


Foto 12.—Vestuarios. Lavabos y duchas.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

al que así lo desea por cantidad módica puede comer al mediodía.

Su mantenimiento supone a la Empresa un considerable desembolso.

Asimismo, existe un economato que suministra semanalmente a todo el personal una ración de víveres.

Todos los años, y con motivo de la fiesta de Reyes, se realiza un verdadero acto de confraternidad con motivo de la entrega de juguetes a los niños de nuestros productores, lo cual es acogido con gran entusiasmo y cuyo acto resulta sumamente simpático, dado el ambiente en que se realiza.

ESCUELA DE APRENDICES

Al constituirse la sociedad fué una de sus primeras preocupaciones la formación de los futuros operarios, y a este fin se procedió a la reorganización de la Escuela de Aprendices que la sociedad antecesora había fundado en el año 1940.

Con objeto de poner a la misma en condiciones con las necesidades del taller y con el fin de que pudiera compararse en medios y métodos de trabajo con el de otras empresas, la Dirección de la Empresa Nacional de Autocamiones, S. A., envió al ingeniero director de la escuela a realizar un viaje de estudios a las distintas escuelas del Norte y Centro de España.

Como resultado de los distintos datos recopilados y de la experiencia que suponían los siete años de funcionamiento de la escuela se elaboró un nuevo plan de estudios.

La Escuela de Aprendices de la Empresa tiene, pues, asignada la importante misión de formar a los futuros operarios y técnicos de taller, dándoles las enseñanzas profesionales adecuadas a cada oficio y los conocimientos teóricos que precisan para que, hermanados con el sentido de dignidad y responsabilidad, logren los máximos resultados para el bien de la Empresa.

La educación de los alumnos es moral, teórica y práctica y se dividen las enseñanzas teóricas en cultura general y enseñanza técnica.

La duración de los estudios es de cuatro años y el aprendizaje está dividido en los siguientes períodos:

Orientación profesional (pre-aprendizaje), un año.

Aprendizaje, dos años.

Práctica del oficio, un año.

Durante el primer período se da enseñanza de cultura general: aritmética, geometría, gramática, nociones de Ciencias Naturales, geografía y dibujo geométrico; y en el taller de la escuela practican el manejo de las limas y del torno.

En los dos años que dura el aprendizaje, y una vez hecha la elección profesional de acuerdo con el resultado obtenido en el primer curso, se insiste en las enseñanzas básicas de cultura general, gramática y geografía, y se amplían los conocimientos de aritmética, geometría y dibujo para estudiar en el tercer año álgebra, trigonometría, física y mecánica.

Las prácticas de taller son adecuadas al oficio asignado y se realizan en el taller de la escuela las correspondientes a ajuste, torno, fresa y rectificado, y en los talleres de la fábrica las correspondientes a las demás asignaturas.

El cuarto curso, que constituye la práctica del oficio, es eminentemente de carácter tecnológico; se dan las enseñanzas de tecnología del oficio, motor de explosión y nociones de electricidad y de hidráulica. Las prácticas se realizan en los talleres de la Empresa y consisten en trabajar las piezas para las series en fabricación.

Con lo expuesto se ve que se ha procurado dar a las enseñanzas desarrollo cíclico. Hay que añadir a todas estas enseñanzas las conferencias de religión y moral que se dan durante los cuatro cursos y que corren a cargo de un sacerdote.

El profesorado está formado por técnicos y empleados de la Empresa. Las clases teóricas, según su importancia, tienen una a dos horas semanales de duración.

El programa de asignaturas y extensión de las mismas es el siguiente:

PRIMER CURSO

Gramática castellana	2 h. semanales.
Geografía e Historia de España	2 h. »
Aritmética	2 h. »
Geometría	2 h. »
Nociones de Ciencias Naturales	1 h. »
Religión	1 h. »
Dibujo geométrico	2 h. »

SEGUNDO CURSO

Gramática castellana	2 h. semanales.
Geografía e Historia de España	2 h. »
Ampliación de Aritmética y Nociones de Álgebra	2 h. »
Ampliación de Geometría y Nociones de Trigonometría	2 h. »
Dibujo (croquizado)	2 h. »
Religión	1 h. »
Tecnología general	2 h. »

TERCER CURSO

Álgebra y Trigonometría	2 h. semanales.
Física y nociones de Química	2 h. »
Conocimientos de materiales	1 h. »
Mecánica	2 h. »
Dibujo (plano de conjunto)	2 h. »
Religión	1 h. »

CUARTO CURSO

Ampliación de Física (Electricidad hidráulica)	1 h. semanales.
Motores	2 h. »
Tecnología del oficio	2 h. »
Nociones de Higiene industrial	1 h. »
Dibujo (despieces)	2 h. »
Religión	1 h. »

La asignatura de Tecnología del oficio se divide en:

Tecnología.
Ajuste y fresa.
Torno y rectificado.
Fundición.
Calderería, planchistería y soldadura,

y a ella asisten los alumnos según su especialidad.

El interés de los jóvenes para entrar como aprendices en la Escuela va en aumento, pues de las 80 solicitudes de ingreso presentadas en octubre de 1946, se ha pasado a 250 en 1947, 305 en 1948 y 417 en el año 1949.

Esta afluencia de aspirantes ha obligado a establecer una ri-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

gurosa eliminatoria en el examen de ingreso, lo que ha beneficiado a la Escuela por la selección efectuada. Para que esta selección de aspirantes sea más justa y eficaz, se ha hecho en colaboración con el Instituto Psicotécnico de la Excma. Diputación Provincial de Barcelona.

Paralelamente a la mayor afluencia de aspirantes a ingreso, se ha incrementado el número de operarios que la Escuela proporciona y que en la actualidad es de unos 30 anuales, distribuídos entre los distintos oficios.

Una de las modificaciones introducidas consiste en que la Escuela no solamente proporciona operarios para oficios manuales, sino que también prepara para la delineación y técnica especial de función y laboratorio. En el curso 1948-49, cuatro aprendices han pasado a auxiliares delineantes.

La eficacia de la enseñanza se pone de manifiesto por los resultados obtenidos; en la actualidad, tenemos peritos industriales con la categoría de encargados de taller, que son ex alumnos de la Escuela. Dos de ellos, son en la actualidad profesores.

Las secciones de tratamientos térmicos, experimentos y galvanotecnia tienen hoy operarios especializados, salidos de la Escuela, que desempeñan a la perfección su cometido, y en la Sección de máquinas de puntear, los ex alumnos presentados desempeñaron un brillante papel en el concurso que se celebró para cubrir plazas vacantes.

Se procura que los trabajos que se realizan en el taller de la Escuela no sean únicamente prácticos sin aplicación ulterior, sino que se hace colaborar activamente a los aprendices en trabajos útiles a la Empresa. La casi totalidad del montaje de las unidades que se exhiben en las Ferias de Muestras, así como los trabajos auxiliares de acabado de las mismas, son realizadas por aprendices.

La conservación de las máquinas-herramientas para la fabricación de las piezas averiadas o desgastadas por su uso, corre, asimismo, por su cuenta. Además, proporcionan a los Talleres de herramental gran cantidad de gramiles, compases de grueso, escuadras y otros accesorios, de forma que anualmente se emplean unas 12.000 horas en estos trabajos.

Es norma de la Escuela la precisión en el acabado y la presentación correcta de las piezas. Varios trofeos y copas son expresión de la alta estima que los trabajos de nuestros aprendices merecen en distintas competiciones en que han concurrido.

En el concurso de aprendices organizado por el Frente de Juventudes, tres aprendices de nuestra Escuela obtuvieron premio en la Fase Provincial, y uno de ellos representó a Cataluña, Aragón y Baleares en la Fase Nacional, y alcanzó el tercer premio.

Se ha llevado a la práctica el proyecto de visitar otras fábricas y centros docentes, y han efectuado distintas visitas de gran interés.

Se ha formado también una biblioteca para la Escuela, y, asimismo, se han organizado conferencias y cursillos, únicamente en plan cultural. No se ha descuidado el importante aspecto de la cultura física, y se han organizado los aprendices en agrupaciones deportivas, según sus preferencias.

No podemos dejar de mencionar la participación de los aprendices en el campamento de verano organizado por el Frente de Juventudes, lo que permite que durante 20 días nuestros jóvenes se fortalezcan con la vida en plena Naturaleza.

Otra de las realidades conseguidas ha sido la de dar publicación a una Revista de la Escuelas de Aprendices, cuyo cuerpo de redacción está formado por alumnos y ex alumnos de la Escuela. La Revista, que es trimestral, cuenta ya con dos números publicados, y ha despertado entre los alumnos un gran entusiasmo.

Con todas las actividades que hemos señalado y contando con la cooperación de todos los alumnos de la Escuela, podemos asegurar que de ningún modo puede achacarse de estéril al esfuerzo económico que la Empresa realizó para bien de sus futuros operarios.

PRODUCCIÓN

Las producciones anuales previstas son las siguientes:

Fábrica de Madrid

3.000 autobastidores para camión de 5/6 toneladas de carga útil, con motor Diesel de 85 CV.

500 tractores tipo «Z», de oruga, con motor Diesel, 35/40 CV,

100 motores Diesel, especiales para propulsión, entre 500 y 2.000 CV.

Equipos para bombas de inyección y eléctricos para material de automoción.

Fábrica de Barcelona

600 autobastidores para camión de 8/10 toneladas de carga útil, con motor Diesel de 125 CV., o con motor de gasolina de 145 CV.

100 carrocerías tipo monocasco (piso y medio), para autocar de 40 plazas, con motor Diesel de 125 CV., o de gasolina de 145 CV.

200 coches de representación, con motor de gasolina de 125 CV.

Motores marinos de gasolina y Diesel de propulsión, que oscilan entre 60 y 90 CV.

Motores de gasolina y Diesel para grupos electrógenos.

FABRICACIONES

Actualmente se entregan al mercado vehículos cuyas características principales son las siguientes:

Autobastidor «Pegaso II», de gasolina

Motor

Número de cilindros	6
Diámetro y carrera	100 × 120 m/m.
Cilindrada total	5.653 c/m³.
Régimen máximo	2.750 r. p. m.
Potencia máxima	110 CV.
Potencia fiscal	29 CV.
Embrague	Monodisco en seco.

Cambio de velocidades

De 4 marchas combinadas, con reductor, lo que permite disponer de 8 velocidades adelante y 2 velocidades atrás.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Dispositivo de retroceso o arpón

Permite arrancar en cuesta, sin necesidad de usar el freno.

Eje trasero

De doble reducción, con rueda del tipo «Artillería», montadas por sistema flotante.

Neumáticos

De 12,00 × 20, sobre llantas de 20" × 9 - 10".

Frenos

En las 4 ruedas, por sistema de aire comprimido.

Garitas

Enteramente metálicas, apoyadas elásticamente en el bastidor y de máxima comodidad para el personal.

Peso del autobastidor completo, con neumáticos	4.300 Kgs.
Peso total del vehículo	14.200 »
Peso admisible sobre autobastidor entre carga útil, carrocería, personas y recambios	9.200 »
Carga útil	8.000 »
Pendiente máxima	20 %
Radio de acción mínimo	8,5 ms.
Consumo medio de gasolina	45 litros % Kms.

AUTOBASTIDOR «PEGASO-DIESEL»

Motor

Número de cilindros	6
Diámetro y carrera	115 × 150 m/m.
Cilindrada total	9.347 c/m.
Régimen máximo	1.850 r. p. m.
Potencia máxima	125 CV.
Potencia fiscal	40 CV.
Por motor, a 1.000 r. p. m.	50 KGMT.

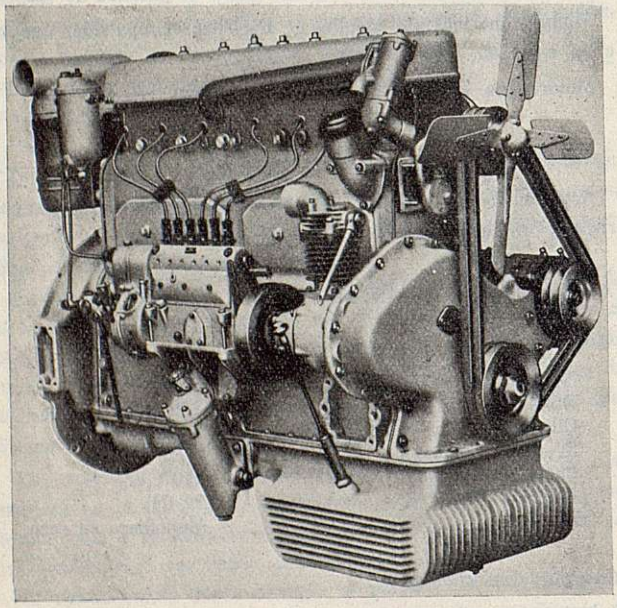


Foto 13.—*Motor «Pegaso-Diesel» de* 125 *CV.*

Embrague

Monodisco de 340 mm. diámetro, progresivo, suave y potente.

Cambio de velocidades

De fácil manejo, con 8 velocidades adelante, agrupadas en 4 largas y 4 cortas; dos velocidades; 7,1 - 5,35 - 3,46 - 2,60 - 1,84 - 1,38 - 1 - 0,75 (sobre multiplicada).

Dispositivo de retroceso o arpón

Especial para arrancar en cuesta, sin necesidad de usar el freno.

Reducción de puente trasero

Doble reducción por un par cónico-helicoidal tallado Gleasson de 15 × 36 y un par cilíndrico-helicoidal de 14 × 43 reducción total de 7,35 : 1.

Frenos

Accionados por aire comprimido mediante un sistema original, de potencia, progresividad máxima y mando suavísimo. Tambores de 430 mm. de diámetro; zapatas delanteros de 85 mm. de ancho; zapatas traseras de 170 mm. de ancho. Superficie de fricción de 4.128 cm^2, que garantiza su absoluta seguridad en las más fuertes pendientes.

Autobastidor

Larguero de 250 m/m. de sección y travesaños y soportes muy rígidos.

Dirección

Tipo de vis de perfil especial, sin reacciones, muy precisa y de mando ligero.

Suspensión

Ballestas semi-elípticas de perfil acanalado. Amortiguadores hidráulicos delanteros. Ballestas posteriores auxiliares para carga máxima.

Equipo eléctrico

12 volts. para la instalación eléctrica de alumbrado, 24 volts. para el motor de arranque. Dos baterías de seis elementos muy potentes.

Depósito de combustible

De 150 litros y bomba de aspiración accionada por el motor.

Velocidad y pendiente máxima

Está voluntariamente limitada por el regulador del motor a 72 Kms. por hora. La pendiente máxima a plena carga y en primera velocidad es de 27 %, con el peso total del vehículo, 14.530 Kgs.

Frenado

Desde 30 Kms. por hora, en 8 metros. Desde 50 Kms. por hora, en 16 metros. Desde 70 Kms. por hora, en 27 metros.

Consumo

En terreno normal ondulado, de 26 a 28 litros por 100 kilómetros, con peso total de 14.500 Kgs.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Peso del autobastidor, sin neumáticos ...	4.250 Kgs.
Peso del camión con neumáticos, garita metálica y accesorios normales, pero sin caja y carga	5.530 »
Peso disponible (persona, combustibles, caja y carga)	9.000 »
Carga útil (con caja y serie)	8.000 »
Peso total. Tara y carga	14.000 »

Remolque

El camión PEGASO-DIESEL está previsto para arrastrar un remolque de un peso total de 12 toneladas, con las siguientes utilizaciones:

Pendiente máxima que puede vencer en primera velocidad, 14 %; consumo en terreno normal ondulante, de 32 a 34 litros por 100 Kms., con un peso total, entre camión y remolque, de 26.300 Kgs.

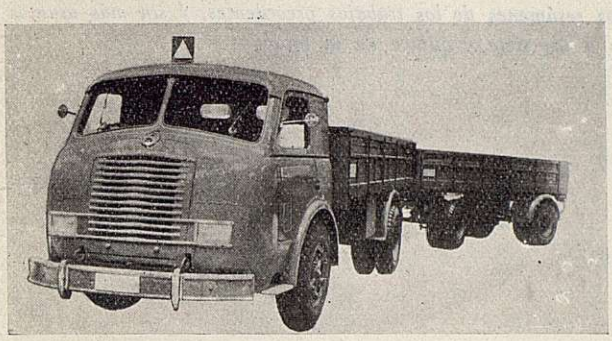


Foto 14.—*Camión «Pegaso-Diesel» de* 125 *CV. con remolque, para cargar hasta* 16 *Tns.*

AUTOCAR «PEGASO» DE 40 PLAZAS, MONTADO SOBRE AUTOBASTIDOR.

Puede ir equipado indistintamente con motor Diesel de 125 CV., o de gasolina, de 145 CV.

Su condiciones de utilización son las siguientes:

Peso del autobastidor en orden de marcha	4.800 Kgs.
Peso máximo del autobús, completo de pasajeros y bagajes	12.600 »
Velocidad máxima	80 Kms. hora
Pendiente máxima que puede vencer; superior al	20 %
Radio de giro	8 metros
Consumo de gasolina para recorridos y velocidades normales	44-46 litros por 100 Kms.

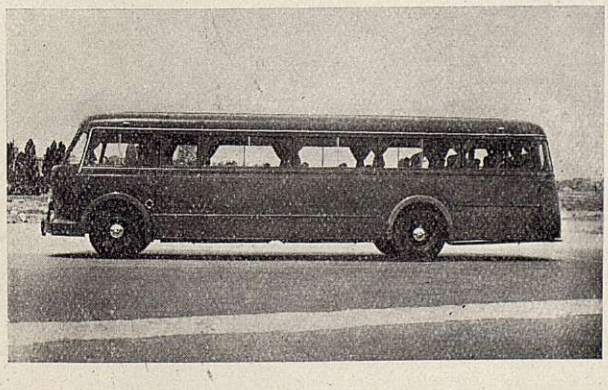


Foto 15.—*Auto «Pegaso II», con motor de gasolina, para el Ministerio del Aire.*

AUTOCAR «PEGASO» MONOCASCO (PISO Y MEDIO)

Puede ir indistintamente equipado con motor Diesel de 125 CV., o de gasolina, de 145 CV.

Las condiciones de utilización son las siguientes:

Numero de plazas, tipo lujo	43 + 2
Número de plazas, tipo «pullman»	43 + 3
Peso del vehículo en orden de marcha	7.800 Kgs.
Peso del vehículo con 40 pasajeros y equipajes...	11.800 »
Velocidad máxima limitada	80 Kms. hora
Pendiente máxima que puede vencer	Superior al 20 %
Radio de giro	8 ms.
Capacidad de equipajes	8 m^3.
Longitud total	10 ms.
Anchura máxima	2,50 ms.
Altura máxima	3,27 ms.

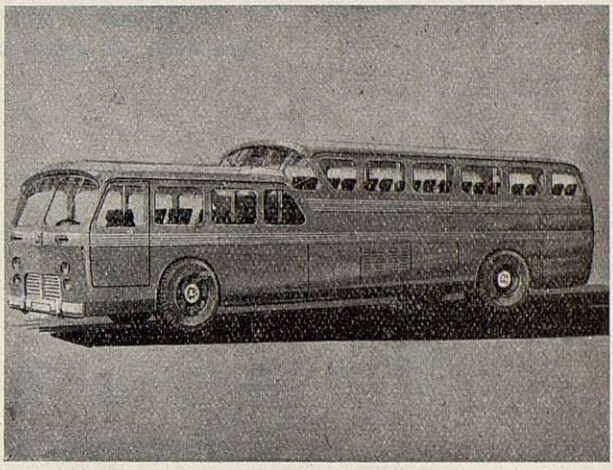


Foto 16.—*Autocar monocasco «Pegaso-Diesel», piso y medio.*

TRACTOR TIPO «Z» DE ORUGA CON MOTOR DIESEL DE 35/40 VC.

Sus características principales se detallan a continuación:

Potencia en barras de tracción	35 CV.
Potencia en polea	40 CV.
Longitud total	2,755 ms.
Ancho total	1.685 ms.
Peso completo	3.600 Kgs.
Ancho de las orugas	0,325-0,400 ms.
Presión específica	0,400-0,325 Kg./cm^2.
Motor ciclo Diesel, 4 tiempos tipo «Z»-704, 4 cilindros	de 5 lts. cilindrada.
Régimen de empleo	1.250 r. p. m.
Circulación agua	a presión.
Circulación aceite	a presión.
Transmisión con 5 velocidades adelante y 5 velocidades atrás.	
Tracción máxima de trabajo	3.300 Kgs.
Velocidad en 1.ª	2,88 Km/hora.
» 2.ª	3,9 » »
» 3.ª	5,17 » »
» 4.ª	6,35 » »
» 5.ª	9,58 » »

Tanque para 100 litros de «gas-oil».
Consumo medio de «gas-oil» 5 a 6 Kgs./hora.
Consumo medio de aceite, 0,15 a 0,2 Kgs./hora.
Gancho y barra de remolque: anterior y posterior.
Frenos a mano y con pedal.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Polea de 270 m/m. diámetro a 890 r. p. m.
Toma de fuerza posterior a 890 r. p. m.
Instalación eléctrica: 2 faros anteriores y 2 faros posteriores.
Aparatos de comprobación en tablero.

* * *

Lo expuesto en esta Memoria refleja la labor realizada por esta Empresa, tanto en los trabajos de construcción de su nueva fábrica de Madrid (Barajas), como en la transformación y mejora de la que en su día adquirió de «La Hispano Suiza, Fábrica de Automóviles, S. A.», de Barcelona, así como los resultados obtenidos en sus fabricaciones y las metas a que se ha propuesto llegar, al alcanzar en sus instalaciones la producción asignada a las mismas, con lo que está segura de que, al cumplir la misión que le ha sido encomendada por la Superioridad, coopera a la resolución de los problemas del transporte por carretera y a los más directamente relacionados con la automoción, con indudable beneficio para la economía nacional.

Madrid, mayo 1950.

Al terminar la lectura de los resúmenes de los trabajos precedentes, y sin más asuntos de qué tratar, se levanta la sesión a las siete y quince de la tarde.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

SECCIÓN 3.ª

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA
(28 de mayo a 3 de junio de 1950)

ACTA DE LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 30 DE MAYO DE 1950

Se abre la sesión a las 10,15 de la mañana, constituyéndose la Mesa con el Ilmo. Sr. D. Vicente Roa Miranda, Ingeniero Aeronáutico, como Presidente; Sres. D. Julio Nogués Cáiz, Ingeniero Industrial, y D. Alfredo Moreno Uribe, Ingeniero de Caminos, como Vicepresidentes; y D. José R. de Gopegui, Ingeniero de Telecomunicación, como Secretario, asistiendo también el Ponente General del Tema, Sr. Rivas Suardíaz.

El Presidente declara abierta la sesión y, a ruego del Sr. Azcárraga, que debe ausentarse de Madrid en la propia mañana, se le concede la palabra, en primer lugar, para explicar el contenido del siguiente trabajo:

N.º 142. - El transporte aéreo y su coordinación con los demás transportes

Autor: D. LUIS DE AZCÁRRAGA Y PÉREZ CABALLERO
Ingeniero Aeronáutico

INTRODUCCION

El índice elegido para esta ponencia es voluntariamente demasiado extenso; comprende prácticamente todas las facetas que al transporte aéreo conciernen, y muchos de los aspectos comparativos de dicho transporte con los demás. No se trata, sin embargo, de un análisis a fondo y en detalle, de todos y de cada uno de esos aspectos y facetas; análisis que nos llevaría a desarrollar el tema en un gran número de ponencias parciales, restando acaso claridad a la visión de conjunto del problema. Se intenta aquí, más bien, presentar el problema en la integración de los diversos elementos y consideraciones, técnicos, políticos, económicos y sociales, que conciernen al desarrollo del transporte aéreo dentro del mejor aprovechamiento de la economía nacional, buscando en definitiva enunciar los problemas parciales en cuanto a la relativa importancia de cada uno de ellos frente al conjunto, en espera de que especialistas de cada uno de esos problemas presenten después soluciones concretas.

Aún así, el tema es lo suficientemente complejo para obligarnos a tratarlo con ahorro de palabra, recurriendo más bien a cifras estadísticas y a consideraciones esenciales que, sirviendo de punto de partida, logren concluir en enunciados de una política que convenga desarrollar.

Primera parte

SIGNIFICADO DEL TRANSPORTE AÉREO

1) Presente del transporte aereo.

En el orden lógico de los factores, entendemos que el primero es el significado del transporte aéreo por sí mismo; sus posibilidades, la importancia de las mismas en las relaciones mundiales y, en fin, la comparación de ellas con las análogas de otros transportes. En este factor no son del mayor interés, sin ser inútiles ni mucho menos, los datos estadísticos de procedencia española. Justamente el propósito fundamental de esta ponencia, dentro del concepto que define al Congreso, es el examen de aquellos útiles de progreso económico y social que el ingeniero presenta al estadista, para que éste los aproveche dentro de la economía nacional; limitarnos en esto a la corta experiencia de nuestra patria, sin aprovechar otra experiencia más amplia, aunque sea ajena, sería tanto como negar el camino por el que el progreso técnico avanza. Los siguientes capítulos habrán de entrar, precisamente, en el examen de España en cuanto a sus posibilidades para el transporte aéreo, los factores económicos y de seguridad de este transporte que obligan a la eje-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NÚM. 1

PROGRESO DE ALGUNAS EMPRESAS DE TRANSPORTE AÉREO NO ESPAÑOLAS

COMPAÑIAS	AÑOS (Los números entre paréntesis indican meses de un año no entero)	Horas voladas — Unidades	Kms. volados — Miles	Toneladas Km. de mercancía — Miles	Toneladas Km. de correo — Miles	Toneladas Km. disponibles — Miles	Total de toneladas Kilómetros volados — Miles	Toneladas de mercancías transportadas — Unidades	Toneladas de correo transportadas — Unidades	Pasajeros transportados — Unidades	Pasajeros Kilómetros	Pasajeros Km. volados	Proporción de asientos ocupados — % kilómetros	Distancia recorrida por expedición de mercancías — % kilómetros	Distancia recorrida por expedición de correo — % kilómetros
Canadá (TCA)	1946	8.777	3.162	56,1	768	5 891	3.615	56,1	156,5	5.021	4.883	24.519	88,1	4.818	4.912
	1947	13.559	4 864	270	272	14.036	9.911	238,9	108,0	16.060	5.025	80.704	67,4	4.003	5.301
	1948(8)	11.357	4 149	687	325	13 891	9.436	173,8	64,4	17.021	82 064	81.198	708,6	39.443	40.310
Francia (AIR FRANCE)	1946	99.284	22.965	5.042	5.017	52.545	40.736	5.077	4.195	284 671	11.134	322.910	—	933	1.196
	1947	123 497	32 602	9.411	7.101	94.083	70.974	7.356	4.745	410.041	1 398	573.299	—	1 279	1.497
	1948(6)	68 202	17.517	7.842	4.551	68.056	46.126	5.610	2.615	237.754	9.032	358.791	218,8	8.392	10 469
Holanda (KLM)	1946	—	2.548	623	291	10.917	8.688	99	39	11.367	7.100	80.704	80,2	6.397	7.473
	1947	15.136	5.679	2.276	530	24.686	16.819	346	89	20.682	6.905	142.800	66,8	6 580	7.090
	1948(8)	15 143	5.307	3.498	517	27.758	17.115	551,5	71,4	19.055	56.345	133 490	534,7	50.969	58.454
Escandinavia (SAS)	1946	1.893	696	328	179	2.367	1.614	52,9	26,4	1.893	6 252	11.834	60,7	6.205	6.782
	1947	18.038	5.446	1.810	913	20.515	13.445	282	142	19.171	5.508	105.586	64,9	6 421	6.433
	1948(8)	11.790	3.857	1.119	536	17.734	9 996	177	82	15.417	35.484	84.589	315,1	38.606	38.753
Suecia (ABA)	1946	—	5.808	918	203	13 050	7.840	1.040,1	295,5	159.707	456	72.854	16,7	883	350
	1947	31 326	8.074	1.713	373	21 543	11.703	1.800,3	467,3	158.737	666	102 572	58,6	952	799
	1948(5)	10 476	3.131	414	78	9.019	40.063	494,9	123,7	65.662	1.961	40.128	164,3	2.374	1.990
Reino Unido (BOAC)	1946	13.362	4.213	1.443	909	13.817	7.510	279,9	174 6	19.525	2.810	54.869	60,2	5 156	5.209
	1947	12.659	4.414	1.708	1.454	23.216	13.007	229,1	262,4	28.320	3.825	108.311	62,2	5.040	5.542
	1948(3)	10.027	3.732	1 527	1.146	19.095	10.475	321,4	207,5	23.367	28.475	83.840	417,9	38.121	44.366
Suiza (SWISSAIR)	1946	—	2.446	394	161	4.635	3 988	544,6	233,2	56 621	676	38 256	83,4	724	691
	1947	12.315	3 418	623	227	8 069	5.715	722,2	227,2	85.641	621	53.201	74,8	864	1.001
	1948(8)	12.359	3.630	638	162	9.422	5.829	934,6	259,9	72.216	5.916	54.242	516,9	5.543	5 100
Estados Unidos															
AMERICAN	1947	12.455	4.266	2.467	156	21 342	11.619	—	—	66.321	1 420	94.204	58,9	—	—
	1948(8)	7.355	2.509	1.538	106	13.454	6.575	—	—	44.112	9.714	51.894	443,2	—	—
EASTERN	1946(4)	2.403	349	11	14	2.429	380	—	—	2.403	1 611	3.872	21,1	—	—
	1947	3 370	1.171	246	44	8.135	2.783	—	—	16.397	1.616	26.499	44	—	—
	1948(8)	2.292	809	408	37	4.105	2 197	—	—	11.070	13.375	18.513	326,4	—	—
PAA	1946	—	8 689	2 233	1.403	40.603	26.104	—	—	66 569	1.701	246.341	80,8	—	—
	1947	52.885	19.020	6.475	3 434	96.141	56.076	—	—	122.309	3 986	486.546	71,9	—	—
	1948(8)	34.105	13 838	5.487	3.038	63.517	37.922	—	—	77.984	30.646	298 719	512,7	—	—
TWA	1946(11)	—	6.319	2.119	2.179	27.219	21.809	—	—	32.562	5.371	174.910	86,9	—	—
	1947	43 260	14.174	5.577	4.690	68 280	45.508	—	—	67 461	5.257	354.653	76,1	—	—
	1948(8)	40.679	12.860	4.271	3.399	58.368	32.239	—	—	59 079	49.230	251.538	440,3	—	—
UNITED	1947(8)	4.596	1.888	186	293	7.514	6.420	—	—	16.877	3 862	65.163	85,07	—	—
	1948(8)	4.972	1.923	188	355	7.440	5.246	—	—	13.158	31.052	51.222	534,1	—	—

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

cución de obras o instalaciones para revalorizar los geográficos y, en fin, la ordenación del transporte aéreo en relación con los demás.

El Cuadro núm. 1 nos proporciona un examen sencillo y rápido de la actual extensión del transporte comercial aéreo en el mundo. Figuran en el cuadro algunas de las empresas más importantes que practican el comercio aéreo internacional; no es completa esta visión, puesto que le falta la masa mayor de aviones: los privados, los de turismo y los de transporte por contrata sin horario fijo; pero, aun con este fallo, se ve el notable crecimiento para pasajeros, carga y correo en los últimos recientes años. La consecuencia inmediata del examen del cuadro es que el transporte aéreo supone ya un elemento considerable en la economía mundial; valoraciones del año 1947, de fuente inglesa, estiman que el transporte aéreo mueve diariamente alrededor de tres millones de libras esterlinas, que representan fuente de trabajo para más de 600.000 empleados en sus diversas categorías, es decir, técnicos, personal navegante, obreros y personal administrativo. El desarrollo es, sin embargo, irregular, de densidad ni mucho menos uniforme; por esto las cifras son aún más significativas si se estudian para algunas grandes compañías y para determinados países. Por ejemplo, la K. L. M., Compañía Holandesa de Transporte Aéreo, mueve anualmente una cifra aproximada de 200 millones de florines (alrededor de 1.500 millones de pesetas), mantiene más de 15.000 empleados y equivale así a un enorme factor económico habida cuenta del tamaño relativamente pequeño de Holanda.

El Cuadro núm. 2 nos muestra datos que se refieren a los Estados Unidos, país al que, sin duda, hay que examinar en este aspecto para recoger su enorme experiencia, donde el transporte aéreo aumentó de 1940 a 1946 el 900 % en pasajeros/milla transportados y el 1.300 % en movimiento de toneladas/milla de carga. El hecho de que los EE. UU. sean actualmente el mejor exponente del transporte aéreo, responde, sin duda, a una beneficiosa conjunción de elementos; pero es indudable que prueban de manera categórica las posibilidades y el significado presente del transporte aéreo. Si se quiere utilizar ese significado, la experiencia de los EE. UU. sirve para analizar cuáles son los factores que se deben tener en cuenta y en qué forma; todos ellos, el desarrollo industrial, la organización de rutas aéreas y la construcción de aeropuertos pueden copiarse, a escala, en otros lugares de la tierra, e incluso el tamaño territorial favorable a recorridos aéreos puede copiarse por conjunción adecuada de países. Lo que no puede admitir duda es que el transporte aéreo no es ya una fantasía de ingenieros y de aviadores, sino una realidad concreta que admite valoración precisa; partiendo de esto y del conocido axioma de que los medios y las corrientes de transporte dirigen, en definitiva, las relaciones mundiales, resulta evidente el interés del transporte aéreo.

El Cuadro núm. 3 proporciona una imagen comparativa entre las flotas comerciales de transporte regular en Francia y en los EE. UU. El examen del cuadro permite obtener consecuencias de gran interés; Francia puede ser, en efecto, un buen

CUADRO NÚM. 2

DATOS DE TRANSPORTE AÉREO REGULAR EN EE. UU.
(Statistical Hadbook of Civil Aviation)

AÑOS	Pasajeros transportados		% de la población del país	Velocidad media de los aviones empleados	Tm/milla de carga y correo		Número de aviones	Número de empleados
	Servicio doméstico	Servicio internacional			Servicio doméstico	Servicio internacional		
1945	6.576.252	475.558	6,0	250 Km/h.	87.289.773	12.116.850	518	68.381
1946	12.213.445	1.041.283	10,6	270 Km/h.	71.564.624	21.231.929	821	96.554
1947	12.890.208	1.359.712	11,7	300 Km/h.	97.764.388	45.652.411	964	85.152
1948	13.168.105	1.372.749	12,0	340 Km/h.	139.301.956	62.714.971	1.053	84.142
1938	1.197.100	109.265	1,3	200 Km/h.	9.631.666	—	333	13.274

CUADRO NÚM. 3

COMPARACIÓN ENTRE LA FLOTA AÉREA COMERCIAL FRANCESA Y LA NORTEAMERICANA
(Instituto Francés del Transporte Aéreo)

NACIONALIDAD	Número de aviones	Oferta asientos	Oferta Tm.	Pasajeros	Pasajeros Km.	Tm/Km.	Valor de la flota	Personal
				(Miles)	(Millones)	(Millones)	(Millones de fr. F.)	
Compañías francesas.....	201	5.470	572	755	1.050	44	26.000	14.000
Compañías norteamericanas.....	1.053	28.000	2.800	14.541	12.700	323	160.000	84.142

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

término de comparación para España, dada su potencial en superficie, habitantes y riqueza, aunque no hay que olvidar la fuerza de sus dominios coloniales, ni la decisiva influencia del Plan Marshall, para la recuperación de la flota aérea. Si se considera a Francia junto a sus dominios coloniales frente a la población de los EE. UU., la comparación puede resultar muy en favor de este último país; pero si se considera a Francia como país que recientemente ha salido de una guerra, que destrozó totalmente sus servicios aéreos, hay que alabar el resultado de su esfuerzo por recuperarse y puede servirnos de buen elemento de juicio para nuestro propio problema. La comparación de pasajeros-Km. y toneladas-Km. está, decididamente, en favor de la aviación norteamericana, pues supera a la francesa, respectivamente, en 1.200 % y 700 % cuando la oferta de capacidad (por el número de aviones) es solamente el 500 %; pero esto puede ser consecuencia de que la extensión superficial de los EE. UU. se presta al tráfico aéreo por sus largos recorridos sin trabas fronterizas.

Si ciertos países europeos sumaran esfuerzos en busca de una política aérea colectiva, podrían equilibrar esa desventaja, sin perder la enorme superioridad de su mayor densidad de población y mayor potencial de conjunto industrial y comercial. Esta es una consideración que no debe olvidarse al tratar —como lo hacemos en la Parte II— del potencial de España para el transporte aéreo, pues, no sólo hay que sumar lo que puedan mover empresas españolas, sino también la enorme aportación, o intercambio, entre los países vecinos. Y entre éstos hay que considerar, asimismo, los del otro lado del Atlántico, mar que, más que separar, une a España con todo el continente americano. Persistiendo en la idea de no desarrollar aquí temas abstractos de filosofía del transporte, sino problemas y hechos concretos, no se estima oportuno teorizar sobre la repercusión del Atlántico en la próxima evolución del mundo; pero no estará sobrado, sin embargo, recordar la vieja teoría de la elipse mediterránea, centro una época de todas las actividades mundiales, de la cual España fué un foco, y aplicar, en consecuencia, las posibilidades de esta teoría al Océano Atlántico, dado que ya está hoy suficientemente dominado por los medios de transporte.

Los Cuadros núms. 4 y 5 se refieren, finalmente, a España, incluyendo en las empresas españolas a Iberia y Aviación y Comercio. Su comparación con el Cuadro núm. 3, anterior, puede parecer deprimente; no nos dan, sin embargo, idea precisa del presente del transporte aéreo en nuestra patria, ya que dicho transporte, por falta de medios, está aún en estado potencial, como lo prueban los 33 aviones españoles, frente a los 201 franceses. Sin embargo, nos sirve para estimar al transporte aéreo comercial en España, como digno de que se le

CUADRO NÚM. 4

DATOS DEL TRANSPORTE AÉREO EN LA ECONOMÍA ESPAÑOLA (ESTADÍSTICA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL)

Cifras de explotación de los aeropuertos españoles

AÑOS	Movimientos de aeronaves		Pasajeros		Carga diversas (Kgs.)	
	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas
1943	3.864	3.864	22.104	24.192	590.400	956.400
1944	4.632	4.656	26.000	40.824	922.800	1.417.200
1945	4.836	4.872	47.268	56.808	1.039.200	1.051.200
1946	8.448	8.448	100.824	107.532	1.682.400	1.910.400
1947	11.184	11.232	134.172	153.660	3.916.000	3.264.000
1948	16.550	16.436	170.373	219.825	3 314.800	5.351.700

CUADRO NÚM. 5

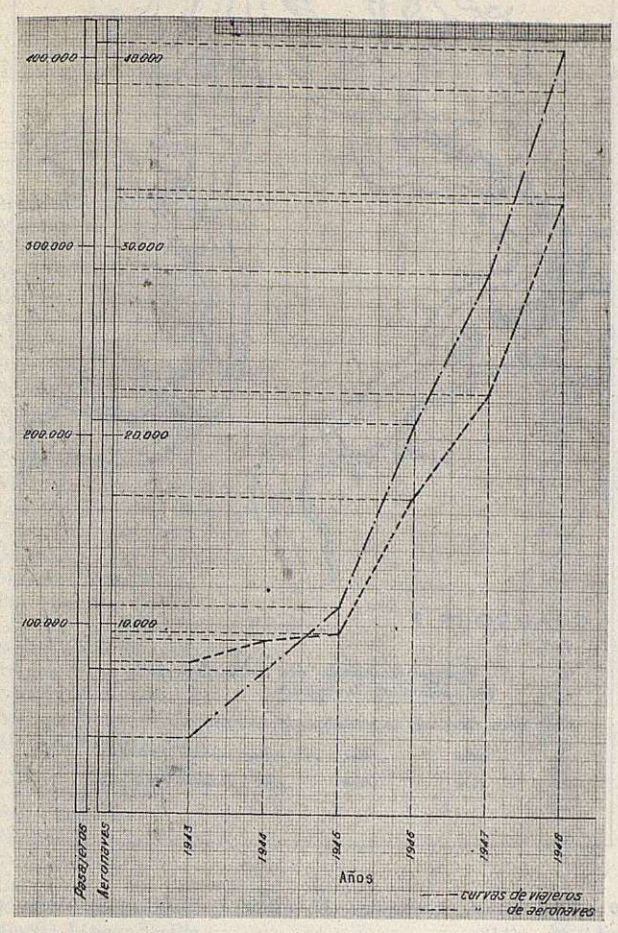
DATOS DE EXPLOTACIÓN DE LAS EMPRESAS COMERCIALES ESPAÑOLAS DE TRANSPORTE AÉREO

AÑOS	Números de aviones	Ofertas de plazas	Pasajeros transportados	Pasajeros Km.	Kms. volados	Recaudación
				(Miles)	(Miles)	(Miles Ptas.)
1945	20	253	59.402	21.786	1.496	15.692
1946	23	350	103.846	48.869	2.903	37.332
1947	28	450	147.291	78.183	3.584	60.842
1948	33	611	190.432	98.621	4.359	76.887
1949	33	611	231.778	136.227	7.620	120.000 *

(*) Dato aproximado.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

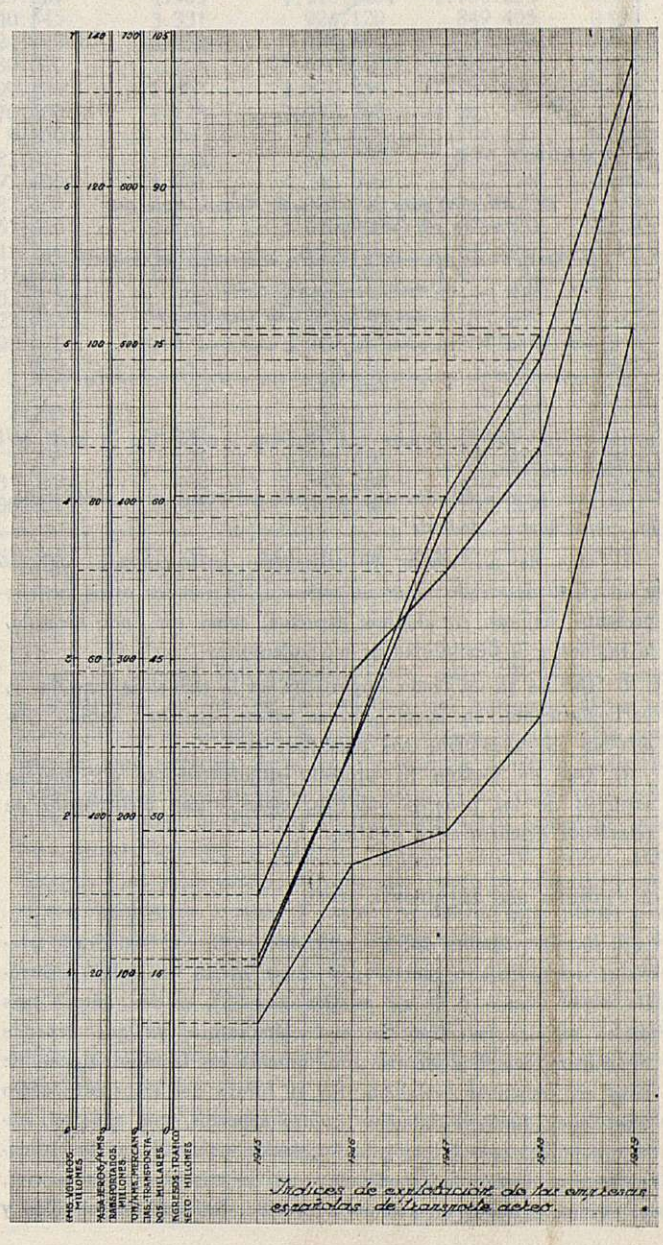
CUADRO NÚM. 4



dedique atención para que se desarrolle orgánica y ampliamente, ya que los resultados que hasta ahora ha obtenido en todos los aspectos, prueban que ha tomado consistencia y que no son justificados los recelos que pudieran despertarse en otros transportes. Compárense, por ejemplo, las cifras de pasajeros-Km., que prueban que técnicamente las empresas españolas explotan bien los pocos aviones que poseen. Sáquese, en cambio, la consecuencia de que —por población y por índice de riqueza—, podemos aspirar siquiera a una flota aérea 1/4 de la francesa, cuyo empleo habrá de defenderse en razón de nuestra situación geográfica.

Con los Gráficos núms. 6 y 7, se busca representar esquemáticamente lo que el avión puede significar en las relaciones mundiales, comparativamente a otros medios de locomoción, partiendo de la idea fundamental de que el transporte en sí es el mejor exponente de la evolución del progreso. Los gráficos vuelven a referirse al Atlántico, por lo que este mar es hoy como encrucijada mundial. Como término de comparación, se ha tomado la velocidad, probando de este modo el «empequeñecimiento» del mundo a compás de la mejora en la rapidez de las comunicaciones; en el Gráfico núm. 6, se centra el problema en Lisboa, por evitar, en la comparación, los trayectos mixtos de mar y tierra. Podría también, como se hace luego, compararse los precios por recorrido, probando que el avión no es un transporte de lujo, como en algún tiempo se creyó, sino que, por el contrario, se presta a utilización popular, útil también para un gran número de mercancías; finalmente, podría examinarse la capacidad. En cuanto al debatido aspecto de la seguridad del transporte aéreo en relación con los otros, no se hace aquí comparación concreta; se debe esto, en gran parte, a la carencia de cifras, porque, si bien en el Cuadro núm. 8 se incluye la estadística de accidentes aéreos en los EE. UU., no ha sido posible hacer lo mismo para los ferrocarriles, carreteras y navegación marítima; en parte, también, la comparación de la seguridad no es significativa, porque no se conoce ni un solo caso en la historia del transporte, en el cual no se haya vencido el riesgo, técnica y psicológicamente, de tal modo que no constituyese óbice para el progreso. En el Cuadro núm. 9 figuran los servicios españoles de 1949, sin un solo accidente, por

CUADRO NÚM. 5



FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO



CUADRO Nº 6

El Atlántico para la Península Ibérica según los medios de transporte.

—— Transporte por ferrocarril o carretera en catorce horas (1700 Km).
═══ Idem. vía marítima en un día (1700 Km).
--- Idem. vía aérea actual en cinco horas (2500 Km).
+++ Idem. vía aérea del futuro en cinco horas (4000 Km).



CUADRO Nº 7

El "empequeñecimiento" del Atlántico con los medios de transporte.

═══ Una hora de recorrido en barco (50 Km)
---- idem idem vía aérea actual (500 Km)
+++ idem idem idem futura (800 Km)

pequeño que fuera; ambos cuadros son pruebas de la gran seguridad lograda.

De este primer estudio del presente del transporte aéreo cabe, en consecuencia, deducir:

1) Que es un medio de transporte perfectamente logrado y en pleno desarrollo; que en comparación con los otros medios, presenta mejoras en algunos aspectos, como son, por ejemplo, la rapidez y la flexibilidad de movimiento.

2) Que es ya un factor importante en la economía mundial y, particularmente, en la de ciertos países, que han sabido desarrollar adecuadamente sus posibilidades.

3) Que en España ha probado suficientemente que merece atención de los poderes públicos, como eficaz instrumento de relaciones económicas y sociales.

2) Futuro del transporte aéreo.

Si es relativamente difícil captar plenamente el significado presente del transporte aéreo, por causa de su irregular desarrollo en el mundo y de su relativa novedad, es aún mucho más difícil estimar en cifras su evolución futura, ya que depende de manera compleja de un gran número de factores, alguno de ellos en constante evolución. En el futuro del transporte aéreo intervienen fundamentalmente cuatro aspectos, que son: el ambiente público para su uso, la legislación nacional que lo estimule, la organización adecuada de rutas aéreas y de aeropuertos, y, en fin, el logro de aviones a precio relativamente reducido y de características adecuadas. El primero de ellos, es decir, el ambiente público para su uso, es una consecuencia en parte de

CUADRO NÚM. 8

ESTADÍSTICAS DE ACCIDENTES AÉREOS EN LOS EE. UU. DE 1927 A 1945

Año	Accidentes mortales	Muertes	Kms/avión volados por accidente	Pasajeros/Kms. volados por cada muerte
1927	4	5	2.344 966	5.600.000
1928	11	23	1.545.476	2.200.000
1929	21	36	1.765.715	3.200.000
1930	9	33	5.454.737	5.800.000
1931	13	38	5.288.878	7.300.000
1932	16	36	4.550.397	18.000.000
1933	9	17	8.819.924	37.000.000
1934	8	29	8.319.061	20.000.000
1935	8	29	11.222 544	30.000.000
1936	8	61	12.972.153	17.000.000
1937	5	52	21.314.301	24.500.000
1938	5	35	22.533.765	48.000.000
1939	2	12	66.285.762	157.300.000
1940	3	45	58.366.812	78.000.000
1941	4	44	53.255.679	94.500.000
1942	5	71	36.020.572	51.000.000
1943	2	29	82.800.722	114.000.000
1944	3	56	76.546.960	90.000.000
1945	8	88	42.663.530	89.000.000

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NÚM. 9

SERVICIOS AÉREOS ESPAÑOLES EN 1949 REALIZADOS SIN UN SOLO ACCIDENTE

Líneas	Número de viajes	Kilómetros realizados	Pasajeros transportados	Asientos Kilómetros ofrecidos	Pasajeros Kilómetros realizados	Coeficiente utilización
Madrid-Buenos Aires-Madrid	105	1.103.550	2.904	43.038.450	30.521.040	0,709
Madrid-Las Palmas-Madrid	110	201.300	5.179	10.806.420	9.477.570	0,877
Madrid-Tenerife-Madrid	113	211.140	4.483	9.633.440	8.407.890	0,872
Madrid-Sevilla-Madrid	1 165	473.850	24.081	10 898.550	9.742.815	0,894
Barcelona-Palma-Barcelona	1.702	248.910	34.098	7.912.385	6.990.090	0,883
Madrid-Valencia-Madrid	393	115.935	7.503	2.670.895	2.213.385	0.828
Madrid-Barcelona-Madrid	1.773	872.685	41.074	22.004.235	20.331.630	0,924
Barcelona-Valencia-Barcelona	155	45.725	2.669	1.041.980	787.355	0,755
Sevilla-Tetuán-Sevilla	625	125.000	11.782	2.601 600	2.354.400	0,905
Madrid-Lisboa-Madrid	313	164.325	2.813	3.779.475	1.476.823	0,390
Las Palmas-Tenerife-Las Palmas	1.332	141.680	20.372	2.833.600	2.342.780	0,826
Tetuán-Melilla-Tetuán	259	65.009	4.503	1.316.746	1.130.253	0,858
Valencia-Palma-Valencia	159	40.545	3.331	924.120	849.405	0,919
Las Palmas-Cabo Juby-Las Palmas	103	24.720	1.432	494.400	343.680	0,695
Cabo Juby-Ifni-Cabo Juby	100	30.000	1.268	600.000	380.400	0,633
Barcelona-Roma-Barcelona	104	99.320	1.868	4.370.080	1.783.940	0,408
Madrid-París-Madrid	64	70.400	1.128	3.097.600	1.241.900	0,400
París-Londres-París	24	9.360	267	205.920	104.130	0,520
Las Palmas-Arrecife-Las Palmas	98	22.050	1.121	441.000	252.225	0,571
Barcelona-Ginebra-Barcelona	300	197 400	1.247	4.342.800	820.526	0,188
Madrid-Tánger-Madrid	326	187.450	4.953	4.311.350	2.847.975	0,660
Melilla-Málaga-Melilla	240	52.800	3.161	1.056.000	695.420	0,658
Málaga-Tetuán-Málaga	264	42.240	4.018	853.120	642.880	0,753
Madrid-Palma-Madrid	436	239.800	8 133	5.515.400	4.473.150	0,813
Las Palmas-Caracas	25	163.475	636	5.427.370	4.158.804	0,766
Caracas-San Juan	25	22.825	116	684.750	105.908	0,154
San Juan-Madrid	25	198.075	171	5.942.250	1.354.833	0,225
Madrid-Tetuán-Madrid	4	2.280	55	50.160	31.350	0,625
Tetuán-Ifni-Tetuán	4	3.260	10	58.680	8.150	0,138
Cabo Juby-Villa Cisneros-Cabo Juby	4	2.280	9	45.600	5.130	0,112
Madrid-Londres-Madrid	78	110.812	1.030	4.875.728	1.463.211	0,300
Sevilla-Tánger-Sevilla	32	5.760	155	132.480	27.900	0,210
Barcelona-París-Barcelona	34	31.552	442	1.388.288	410.176	0,295
Madrid-Lugo-Madrid	84	38.052	1.623	875.196	735.219	0,840
Total	10.468	5.463.565	197.635	164.230.068	118.522.333	0,721

los otros tres, porque, en definitiva, tomando como ejemplo lo sucedido con otros medios de transporte, el ambiente público se desarrolla según las facilidades que se le ofrezcan; su estimación en cifras pudiera incluso hacerse, partiendo de la resolución de los otros tres aspectos, y, por comparación de ritmo con otros medios de locomoción. De otra parte, sin embargo, los elementos técnicos que intervienen en la infraestructura de las rutas aéreas y en el material volante, están en constane evolución, demostrando que no han llegado todavía a su período de estabilización y haciendo por ello más problemático todo vaticinio; sin embargo, aun en esto cabe estimación, partiendo del concepto del ingeniero respecto a la técnica. En fin, el cuarto aspecto, la legislación que estimule el uso del transporte aéreo, es otra fuente de inseguridad en el pronóstico, posiblemente la mayor, porque entran en juego facetas muy diversas de economía, de derecho y de política, que no tienen hoy una expresión unánime, ni fija, ya que el mundo se debate en una verdadera lucha de principios, sin que se haya logrado cristalizar suficientemente el concepto de que el transporte aéreo comercial merece en el Derecho Internacional. Sobre estas dificultades viene a sumarse la de que en la evolución del transporte aéreo no puede dejarse al margen a la aviación privada, de expresión económica muy variable, pero de importancia numérica relativamente grande. Se han hecho aquí, hasta ahora, referencias concretas, en forma de cuadros al transporte aéreo comercial, más bien, exclusivamente, al llamado transporte aéreo regular, con horarios fijos y de antemano conocidos; pero es indudable que, si nos limitáramos a esto, el examen resultaría cojo, puesto que dejamos fuera de consideración todo el posible transporte privado, incluyendo también el de contrata o aero-taxi, que, tomando el ejemplo del automóvil, es hoy el de mayor volumen en la enunciación de un plan de carreteras, y, a su vez, el más difícil por la irregularidad en la densidad de tráfico que proporciona.

Frente a estas dificultades hay dos hechos positivos del mayor interés. Uno, es el convencimiento de que el desarrollo del transporte aéreo seguirá, en la atención pública, más o menos el camino que siguieron otros medios de transporte, y a un ritmo

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

que puede deducirse de lo que hasta ahora se ha logrado; el presente del transporte aéreo asegura la continuación de su desarrollo, aunque fuera contra dificultades de todo orden. El otro hecho es la importancia estratégica del transporte aéreo militar, que justifica sobradamente la atención de los Estados; este segundo hecho es definitivo, no sólo para estimular el natural desarrollo de los acontecimientos, sino también para darles un matiz particular. Los conceptos de la guerra futura —la gran flexibilidad en los cambios de teatros de operaciones, los ataques a larga distancia, la utilización de espacios como el casquete polar ártico, los posibles envolvimientos en la vertical por desembarco aéreo, la necesidad de suplir con rápidos transportes los enormes desgastes de materias que no se producen sino en determinados lugares—, ponen categóricamente de manifiesto la indispensable necesidad en que los Ejércitos se encuentran hoy, de desarrollar las infraestructuras, las ayudas de la navegación, y, en fin, el transporte aéreo por todo el mundo, incluso en regiones donde no existe todavía un auténtico interés comercial o privado. La aviación civil es, en este aspecto, la mejor reserva de la aviación militar, no tan sólo porque es similar la infraestructura de ambas (aeropuertos y ayudas de navegación), sino también porque la aviación civil permite mantener al día, sin desgaste económico del país, una flota aérea de transporte y unos cuadros técnicos de personal, que son inmediatamente movilizables. Esta fué una de las más importantes conclusiones que sentó la Comisión Finleter (del Congreso), que fijó las directrices de la política aérea para los EE. UU. en 1948, coincidente en la necesidad y conveniencia de estimular el desarrollo de la aviación civil.

Procede, en consecuencia, hacer un esfuerzo imaginativo y estimar la evolución futura del transporte aéreo, sin dar mayor importancia al riesgo de lo imprevisible. Puede hacerse partiendo de la comparación con otros medios de transporte y de los índices de prosperidad económica. Así lo han hecho diversos Institutos de Transporte; entendemos que, por nuestra parte, lo mejor es criticar lo que tales Institutos hayan hecho y aceptar aquello que nos parezca aceptable. Tomando como punto de partida los resultados estadísticos de los EE. UU., se hace aquí mención de diversos aspectos, reproduciendo conclusiones del propio país (Van Zandt) y del Instituto Francés de Transporte Aéreo.

Los trabajos de diversas instituciones de los EE. UU., estimulados por la Junta de Aviación Civil, consideran como punto

CUADRO NÚM. 10

VEHÍCULOS, RECORRIDO ANUAL Y PROMEDIO POR UNIDAD EN ESTADOS UNIDOS EN 1942

TIPO DE TRANSPORTE	Número de vehículos	Total de millas (miles)	Millas promedio por vehículo
Carretera:			
Camiones...	42.871	2.040 100	47.600
Autobuses especiales	9.296	702.600	75.600
Autobuses urbanos	22.710	1.195.000	52.600
De larga distancia	3.881	311.500	80 300
Ferrocarril:			
De carga	1.971 766	34.783.000	17.600
Coches cama y salón	7.447	1.079.400	145 000
Pasajeros en general	37.738	2.671 500	70.800
Avión:			
De las cuatro empresas más fuertes en tráfico doméstico...	158	83.932	531.000
De tráfico doméstico general	246	114.054	464.000
De tráfico internacional ...	47	11.791	253.000

CUADRO NÚM. 11

PASAJEROS TRANSPORTADOS POR LÍNEA AÉREA Y «PULLMAN»

AÑO	Recaudación por pasajeros en línea aérea		Recaudación por pasajeros en «pullman»		Recaudación por pasajeros en línea aérea y «pullman» combinados		Recaudación en las líneas aéreas pasajeros - milla		Recaudación en el «pullman» pasajeros - milla		Recaudación en «pullman» y línea aérea combinadas pasajeros - milla	
	Número	Porcentaje 1938	Número	Porcentaje 1938	Número	Porcentaje 1938	Número	Porcentaje 1938	Número	Porcentaje 1938	Número	Porcentaje 1938
	(Miles)		(Miles)		(Miles)		(Miles)		(Miles)		(Miles)	
1938	1,168	100.0	15,540	100.0	16,708	100.0	475,600	100.0	8,269,882	100.0	8,745,482	100.0
1939	1,713	146.6	15,655	100.7	17,368	104.0	679,756	142.9	8,485,399	102.6	9,165,155	104.8
1940	2,744	234.8	14,765	95.0	17,509	104.8	1,047,131	220.2	8,213,879	99.3	9,261,010	105.9
1941	3,769	322.5	16,911	108.0	20,680	123.8	1,377,153	289.6	10,070,407	121.8	11,447,560	130.9
1942	3,038	260.0	26,063	167.7	29,101	174.2	1,405,835	295.6	19,071,589	230.6	20,477,424	234,1
1943	2,929	250.6	32,632	210.0	35,561	212.8	1,617,130	340.0	25,891,466	313,1	27,508,596	314.5
Primeros 6 meses	(Millones)		(Millones)		(Millones)		(Millones)		(Millones)		(Millones)	
1942	1.9	—	11.5	—	13.4	—	718	—	8,093	—	8,811	—
1943	1.3	—	15.7	—	17.0	—	727	—	12,395	—	13,122	—
1944	1.6	—	17.8	—	19.4	—	927	—	14.295	—	15,22	—

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NÚM. 12

COSTE DE ENVÍO DE UN PAQUETE DE 25 LIBRAS POR FERROCARRIL EXPRESO Y PAQUETE POSTAL, EN COMPARACIÓN CON EL COSTE POR TRANSPORTE AÉREO

Desde Nueva York a	Coste en 1.ª clase por ferrocarril «exprés»	Coste por paquete postal	Coste calculado por correo aéreo	Distancia en millas por FF. CC.	Distancia en millas por aire
Cleveland, Ohío.	$ .96	$ .94	$ 2.42	476	418
Davenport, Iowa..	1.20	1.80	4.25	1,033	974
Oklahoma City, Okla	1.84	2.30	6.15	1,562	1,350
Salt Lake City Utah	2.64	2.69	8.70	2,355	1,987
San Francisco, Calif	3.48	2.79	11.10	3,166	2,588

POSIBLE DESVIACIÓN DESDE EL FERROCARRIL EXPRESO EN CIERTAS INDUSTRIAS

En promedio de tarifa por ton/milla de	En el campo mercantil al por menor: Porcentaje de tráfico que sale fuera	Porcentaje de tráfico que entra
$ .47	28	23
.23	40	25
.17	58	43
.18	46	43
	En los campos de fabricación y venta al por mayor	
$ .47	0.1 a 20	No presentado
.23	0,1 a 50	No presentado
.17	0.2 a 100	No presentado
.18	0.5 a 75	No presentado

de partida que el desarrollo natural del transporte aéreo seguirá en esencia camino semejante al de los otros transportes, a un ritmo y en dirección tales que se deducen del estudio de los índices de población, de riqueza, de actividad industrial y de actividad comercial. El procedimiento de trabajo, en consecuencia, consiste en examinar las actividades del transporte de superficie, para estimar, en consecuencia, lo que puede ser un ritmo normal de crecimiento; se examinan después los diversos valores que coinciden en un país, en la necesidad de mejorar las comunicaciones entre los diversos lugares, y, finalmente, por el examen paralelo de ambos aspectos, se estima el potencial del país en cuanto al transporte aéreo y, en consecuencia, la posible evolución de éste. Para tener en cuenta el

ruelo de carácter privado, además del comercial con horario fijo, se examina el ritmo de desarrollo del automóvil. En los EE. UU. cabe cierta comprobación de si el método seguido es o no acertado; como todo método de extra-población, está, evidentemente, sujeto a la posibilidad de grandes errores, pero teniendo en cuenta el enorme grado de desarrollo que el transporte aéreo tiene ya en aquel país, cabe confirmar el grado de acierto de las hipótesis.

Al estimar el potencial de los EE. UU. en materia de transporte aéreo, Van Zandt, en la Booking Institution, sigue tres caminos paralelos, cada uno para estudiar un aspecto particular no independiente, sino complementario de los otros dos. Por el primero de los caminos, trata de analizar el significado del transporte aéreo regular dentro del movimiento general del país, y aclara después lo que representa el transporte doméstico frente al internacional. El Cuadro núm. 10 es el punto de partida, el resumen de recorridos en 1942 por carretera, ferrocarril y vía aérea; en el cuadro están no solamente las millas en cada sistema, sino también el promedio de millas por unidad móvil, lo cual pone de manifiesto la capacidad relativamente grande del avión. En el Cuadro núm. 11 está reflejada la proporción de pasajeros entre avión y ferrocarril a lo largo de diversos años, marcando así una tendencia firme en favor

CUADRO NÚM. 13

RELACIÓN OPERATIVA DE LÍNEAS AÉREAS, FERROCARRILES Y AUTOBUSES

(Relación entre Gastos a Ingresos, por milla recorrida)

Año	AVION: Razón operativa	AVION: Ganancia operativa por milla recorrida	AVION: Coeficiente de carga	RELACION OPERATIVA: Pasajero de ferrocarril 1.ª clase	RELACION OPERATIVA: Pasajero de autobuses 1.ª clase
	(Porcentaje)	(Por ciento)	(Por ciento)	(Por ciento)	(Por ciento)
1.935	114.36	7.22	49.61	128.95	No se tiene datos
1.936	102.36	1.29	51.58	119.40	»
1.937	100.42	0.24	54.24	119.84	»
1.938	103.75	2.25	49.08	121.81	95 8
1.939	96.67	2.16	53.03	120.98	83.2
1.940	89.36	7.39	58.56	122.89	85.6
1.941	95.45	3.13	56.48	114.02	80.7
1.942	86.68	10.56	64.34	77.69	65.3
1.943	72.12	32.36	82.28	64.77	No se tiene datos

del avión. En el Cuadro núm. 12, que se dedica especialmente a la carga de paquetería y mercancías, figura una comparación de precios entre ferrocarril y avión. En el Cuadro núm. 13, se comparan los rendimientos operativos de los diversos medios de locomoción; probando, por ejemplo, que el transporte aéreo pasó a ser rentable por sí mismo en el año 1938. Y, como consecuencia de estos resúmenes anteriores, en el Cuadro núm. 14 se llega a una estimación del tráfico aéreo en el año 1950.

Por el segundo de los caminos, trata Van Zandt de estimar el número de aviones que pueden esperarse en el futuro, para servicios privados, incluyendo en ellos los que operan por contra-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NÚM. 14

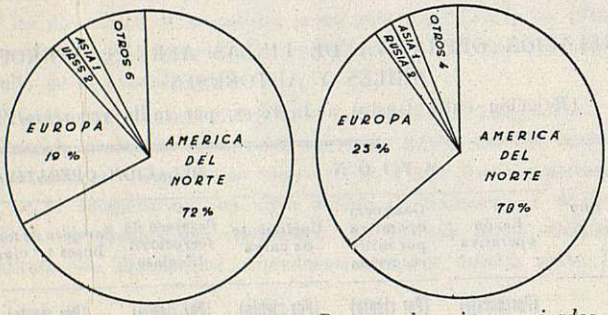
ESTIMACIÓN HECHA EN EE. UU. SOBRE EL TRÁFICO AÉREO EN 1950

	1940		1948			1950		
	Toneladas millas. (Millones)	Porcentaje del total	Toneladas millas. (Millones)	Porcentaje del total	Porcentaje de 1940	Toneladas millas. (Millones)	Porcentaje del total	Porcentaje de 1940
Pasajeros.....	104	89	611	80	588	700	78	673
Carga.....	3,5	3	65	9	1.857	110	12	3.143
Correo.....	10	8	82	11	820	87	10	870
Total.....	117,5	100	758	100	645	897	100	763

ta. Parte para ello del Gráfico núm. 15, en el que se ve paralelismo entre la distribución de aviones privados y la de automóviles. Y de esto y del hecho estadístico de que normalmente hay 167 automóviles por cada autobús, así como 12 aviones privados por cada uno de servicio regular antes de 1940, deduce el Cuadro núm. 16, en el que se estima el desarrollo posible de la aviación privada, para llegar, en el más pesimista de los supuestos, a 150.000 aviones en el año 1955.

CUADRO NÚM. 15

Comparación de las cifras mundiales de automóviles y aviones privados en % del total



Reparto de automóviles *Reparto de aviones privados*

Por el tercer camino, Van Zandt trata de predecir el tráfico internacional por vía aérea en los EE. UU. Es una exposición ciertamente original, partiendo del supuesto de que el comercio norteamericano —para su buen equilibrio económico— necesita «exportar» anualmente mil millones de dólares, a fin de proporcionar en el extranjero medios de pago por servicios y productos norteamericanos, Van Zandt cree que el mejor medio de «exportar» esos dólares, consiste en favorecer el turismo. Partiendo de esto, recurre al transporte aéreo como instrumento que le permite organizar vacaciones atractivas con poco tiempo disponible, tratando así de captar la gran masa de turistas que le permiten llegar a los mil millones de dólares anualmente. En una encuesta realizada con este objeto, dentro de las clases socialmente modestas, aparece un potencial de 18.000.000 de viajeros a Europa, si el viaje puede realizarse por un montante de doscientos dólares, lo que equivale, más o menos, a 4.000.000 de

CUADRO NÚM. 16

POSIBLE AUMENTO DEL VUELO IRREGULAR EN LOS ESTADOS UNIDOS

Coches de pasajeros registrados			Servicios de aviones en vuelos irregulares		
Año	Número	% de aumento por año	Año	Número	% de aumento por año
1900	8,000	—	1939	13,217	—
1901	14,800	85	1940	17,253	31
1902	23,000	55	1941	24,124	40
				(Basados sobre el % de aumento)	(Aumento del porcentaje anual)
1912	902,600	44.3	10 años después de la guerra.	149,000 ó 333,000 ó 485,000	20 ó 30 ó 35

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

pasajeros, supuesto un viaje cada cinco años. En el Cuadro número 17, figuran algunos viajes por vía aérea, sobre la base de una tarifa de tres centavos de dólar por milla, condición que habría de satisfacer la previsión de Van Zandt.

Finalmente, Van Zandt deduce para los EE. UU., que el tráfico doméstico es alrededor de cuatro veces mayor que el internacional, y, en consecuencia, hace la definitiva estimación de potencial que figura en el Cuadro núm. 18, para los servicios regulares domésticos e internacionales.

Evidentemente, EE. UU. reúnen para el transporte aéreo condiciones que no tienen otros países, como son, especialmente, su gran superficie territorial, con unidad legislativa y la concentración de actividades, en cierto modo, complementarias, en las costas del Atlántico y del Pacífico, que obliga a perfeccionar los medios de transporte para salvar los 3.000 Kms. que, aproximadamente, hay entre costa y costa; esto se une al elevado índice de riqueza y a las grandes posibilidades industriales que los EE. UU. tienen. Es natural que esta situación de privilegio haya producido el hecho evidente de que los EE. UU. constituyan hoy el país con transporte aéreo más ampliamente y mejor desarrollado. Pero no por ser las circunstancias en cierto modo excepcionales, deja el hecho de servir de experiencia para los demás países. Las características del avión en sí le permiten, en efecto, tal variación y tal flexibilidad de operaciones, que es un instrumento apto para salvar grandes distancias y unir entre

CUADRO NÚM. 17

COMPARACIÓN, EN DÓLARES, DE LOS BILLETES DE AVIÓN A TRES CENTAVOS PASAJERO/MILLA, CON LOS DE TRANSPORTE DE SUPERFICIE (Van Zandt)

Recorridos de Chicago a	Distancia ortofrómica — (Millas)	Precio avión de ida y vuelta — (Dólares)	Porcentaje % respe.to al costo en transporte de superficie 1.ª clase	2.ª clase	Horas del recorrido en avión	Días ahorrados respecto al viaje de superficie
Europa						
Edimburgo	3.706	200	32	80	19	11
Londres	3.962	214	33	91	20	10
París	4.143	224	34	89	21	10
Berlín	4.412	238	38	90	22	12
Roma	4.817	260	42	99	24	14
Asia y Africa						
Jerusalén	6.191	334	66	83	31	37
Khartoum	6.948	375	48	64	35	51
Delhi	7.481	404	33	88	37	36
Calcuta	7.986	431	35	92	40	35
Oceanía						
Johannesburg	8.685	470	45	85	43	44
Melbourne	9.669	522	59	91	48	46
Hispano-América						
Bogotá	1.698	146	25	43	13	17
Lima	3.785	204	26	40	19	24
Río de Janeiro	5.300	286	29	78	27	27
Santiago	5.314	287	31	45	27	36
Buenos Aires	5.594	302	29	62	28	35

CUADRO NÚM. 18

AVIONES DE TRANSPORTE EN SERVICIO DE PASAJEROS DOMÉSTICO E INTERNACIONAL DE LOS EE. UU., EN 1940-42 Y SERVICIOS INTERNACIONALES PROYECTADOS PARA 1955

Clase de viaje por años	Número de aviones (En servicio y en reserva. Dic. 31)	Ingreso total del pasaje por millas voladas (En miles)	Promedio de ingreso de pasaje. Millas por avión (En miles)
1955. En proyecto. (Sólo los residentes en EE. UU.)			
Domésticos (no calculados aquí)	—	—	—
Internacionales	1.500	30.000.000	20.000
1942:			
Domésticos	179	1.398.042	7.810
Internacionales	75	263.997	3.520
Total	254	1.662.039	6.543
1941:			
Domésticos	359	1.369.584	3.815
Internacionales	94	179.014	1.904
Total	453	1.548.598	3.418
1940:			
Domésticos	358	1.041.174	2.908
Internacionales	82	111.248	1.357
Total	440	1.152.422	2.619

sí pueblos diversos; es decir, que es un instrumento de uso internacional tanto como nacional, dependiente de las distancias. Esto aparece con mayor claridad en lo que respecta a Europa, por el tamaño relativamente reducido de los países europeos; pero este hecho, cierto hoy, puede ser modificado en el futuro por diversos caminos, como, por ejemplo, la conjunción de esfuerzos en ciertos aspectos, de los Estados europeos, a lo que sin duda puede contribuir la facilidad en las comunicaciones y en el intercambio de relaciones.

En definitiva, la experiencia de Van Zandt es aprovechable, pues donde dice servicios domésticos en los EE. UU., debe entenderse que corresponden, en Europa, a servicios internacionacionales de vecindad; mientras que los servicios internacionales de los EE. UU. son, en su mayor parte, de carácter trasatlántico y trascontinental. Queda, finalmente, por aclarar si las previsiones de Van Zandt se van cumpliendo. En lo que atañe a la tarifa de tres centavos por pasajero/milla, se ha logrado plenamente en 1949 en los servicios aéreos de la Costa del Pacífico, con la instauración de servicios de segunda clase; de ello se habla más adelante, porque este tipo de tarifa empieza a ser empleado también por empresas europeas.

Si la experiencia de los EE. UU. es aprovechable para todos

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

los demás, más aún lo son para España los estudios realizados en Francia por el Instituto de Transporte Aéreo. España admite, en efecto, comparación con Francia, puesto que el tamaño, junto con sus posibilidades económicas y sus dificultades geográficas, constituye un complejo que puede servirnos de elemento de juicio. Tiene ciertamente Francia mayor densidad de población, mayor índice de riqueza, y, en consecuencia, no tiene, como en el caso de España, tantos obstáculos geográficos para el desarrollo natural del transporte en superficie que puede hacerse a un costo unitario mucho más bajo que en el caso de España. El Instituto Francés de Transporte Aéreo acepta también la experiencia de los EE. UU. como punto de partida, para analizar esa previsión, tratar de comprobarla y, en su caso, aplicarla. La previsión norteamericana se fija por interpolación, para 1950, en: 10.000.000.000 pasajeros/milla, o también 750.000.000 Tm./milla por transporte aéreo regular (con horario fijo; 100.000 privados o de taxi, volando 200 horas por año, con media de dos pasajeros, a 200 Kms./hora, producen 8.000.000.000 pasajeros/Km., o también, 600.000.000 Tm./milla; finalmente, el transporte de carga será según las perspectivas del orden de 1/5 del comercial regular de pasajeros, es decir, 150.000.000 Tm./milla. En total, por tanto, la previsión se fijaba en 1.500.000.000 de Tm./milla.

Frente a esa previsión, las observaciones al 31 de marzo de 1949, siempre según el Instituto Francés de Transporte Aéreo, permiten concluir:

a) El transporte en servicios regulares reunió, en 1948, 8.000.000.000 pasajeros/milla (frente a los 10.000.000.000 previstos para 1950), que, sumados a los 97.000 aviones privados o de taxi, producen ya en 1948 más o menos 1.350.000.000 Tm./milla (la previsión para 1950);

b) El tráfico global de mercancías, transportado por empresas aéreas norteamericanas, sumó en 1948 alrededor de 200.000.000 Tm./milla, superando, por tanto, la previsión para 1950.

En definitiva, el ritmo de crecimiento del tráfico aéreo puede verse en el Cuadro núm. 19, que se refiere a valores comprobados hasta 1948 inclusive, y que permite admitir como buena la previsión norteamericana para 1955. El hecho más curioso que refleja ese cuadro es el crecimiento brusco del transporte de mercancías, que era casi nulo en 1945; esto se debe, en parte, al empleo de grandes aviones, que han rebajado la tarifa a quince centavos de dólar por Tm./milla, que admite ya comparación con los once centavos que cuesta por ferrocarril; pero también se debe, en gran parte, a la cooperación del transporte aéreo con el de carretera (para alimentación y reparto), conseguida por medio de Air Cargo Inc., que es la primera fórmula útil de coordinación.

CUADRO NÚM. 19

EVOLUCIÓN DEL TRÁFICO EN MILLONES DE Tm/MILLA, EN LOS EE. UU.

Materias	Años				
	1939	1946		1948	
	Tráfico	Tráfico	% de 1939	Tráfico	% de 1939
Pasajeros...	66	577	874	1 000	1.500
Correo	26	33	127	50	190
Paquetería	10	24	240	68	680
Equipajes	3	6	200	12	400
Mercancías (servicio regular)	—	15		66	
Mercancías (por contrata)		47		56	
Total de carga...	105	702	670	1 252	1.200
Coeficiente de utilización de la capacidad ofrecida	56 %	66 %		55 %	

También en España podría operarse de manera semejante, es decir, partiendo del desarrollo natural del transporte de superficie y del estado de los índices económicos. Pero, además de las dificultades con las que en este orden habríamos de tropezar por falta de elementos estadísticos sistematizados en forma adecuada, entendemos que no es todavía llegado el momento de estudiarlos. En esta primera parte se trata de dar idea del significado del transporte aéreo en general, es decir, no aplicada a España; la aplicación a nuestro país vendrá después, en función de lo que España representa como factor geográfico en la red general de las rutas aéreas, y en cuanto a las necesidades domésticas españolas.

Por ahora, el propósito esencial lo consideramos logrado; describir aunque haya sido muy en resumen, las inmensas posibilidades del transporte aéreo y sus tendencias evolutivas actuales.

3) El transporte aéreo comparado con los demás.

Aunque en los dos capítulos anteriores del transporte aéreo en el presente y en el futuro, se ha intentado estudiarlo sólo en lo que por sí mismo representa, parece natural establecer también algunas comparaciones con los otros transportes; bien entendido que no se trata con esto de establecer ninguna prelación de méritos o de posibilidades, sino simplemente de marcar, en lo posible, las características específicas de cada medio para que sean después tenidos en cuenta en un posible plan general de coordinación.

El primer término de comparación es, naturalmente, la velocidad. Los aviones modernos de transporte que hoy se emplean en las grandes rutas trasatlánticas y trasoceánicas, alcanzan velocidades medias de 500 Km./h.; aviones más pequeños para enlace de vecindad o para transportes privados, están alrededor de los 300 Km./h. Frente a ello, la navegación marítima oscila, en los casos más favorables, alrededor de los 20 nudos, es decir, 35 a 40 Kms. por hora, mientras que la velocidad comercial por ferrocarril y por carretera oscila más o menos entre los 70 a 80 Kms. por hora para la primera y 40 a 50 para la segunda. (Autobuses y autocamiones.) Esta notable ventaja de la velocidad del transporte aéreo, equivale, en definitiva, a un empequeñecimiento del mundo. En el Gráfico núm. 6 anterior, se ha intentado resaltar este fenómeno, tomando Lisboa como centro, y comparando lo que puede recorrerse según diversos medios de transporte, sin pérdida de tiempo comercial, es decir, aprovechando por mar, ferrocarril y carretera, las catorce horas que, más o menos, transcurren desde el final de una jornada de trabajo hasta el principio de la siguiente; en cambio, para el trans-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

porte aéreo, se han supuesto sólo cinco horas, tiempo que no da lugar a cansancio. En el Gráfico núm. 7 se quiere reflejar lo que esto significa para el Atlántico, que, merced al avión, se ha convertido en un reducido mar. Finalmente, en el Cuadro número 17, figura una comparación del tiempo necesario para un mismo recorrido con diversos medios de locomoción.

Esta comparación de velocidades no puede tomarse, sin embargo, como definitiva. El avión está en pleno período de evolución, y puede mejorarse, substancialmente en períodos de más o menos de cinco años; en la actualidad comienzan ya a ensayarse los aviones de reacción, con velocidades que se aproximan a los 1.000 Kms. por hora, de tal modo, que de aquí a cinco años, los gráficos de empequeñecimiento del mundo que acabamos de comentar se habrán quedado anulados e inservibles, y el mundo, en lo que atañe a las comunicaciones, se habrá empequeñecido todavía más. Es, quizá, imposible, o, al menos, muy difícil, estimar en cifras lo que esto significa en las relaciones sociales y económicas; pero, ciertamente, no es difícil imaginárselo por comparación a lo que en este orden de ideas ha supuesto el progreso de los otros medios de transporte, principalmente, los barcos de vapor, en las relaciones entre ambas orillas del Atlántico y el transporte automóvil y de ferrocarril en la frecuente intercomunicación de las diversas regiones españolas.

El segundo término de comparación es la flexibilidad de empleo. El avión no está sujeto a servidumbres por la naturaleza del terreno que sobrevuela, o, al menos, lo está en un grado tan pequeño que puede particularmente desdeñarse. Si esto se une a la velocidad, aparece de modo inmediato la gran ventaja del transporte aéreo en los recorridos con rompimiento de carga, es decir, allí donde sería preciso utilizar varios medios de transporte por superficie, por ejemplo, ferrocarril y barco combinados. Pero aún aparece mayor ventaja si se considera la posibilidad del avión de salvar superficies incluso hostiles, donde no existe ni cabe económicamente ninguna preparación para otros transportes. El Gráfico núm. 20 nos indica un ejemplo que, si bien hoy es todavía teórico, será real dentro de muy pocos años; el sobrevuelo de la región del Polo Norte acorta muchas distancias dejándolas a veces reducidas a la mitad, con lo que el transporte aéreo puede incluso resultar mucho más barato que otro, por aplicarse el costo kilométrico a un recorrido notablemente más corto.

En este mismo orden de ideas aparece el avión como elemento muy oportuno para la penetración colonizadora en una gran cantidad de regiones que, si bien, hoy están exploradas, no están económicamente explotadas por falta de medio para intercambiar productos. El avión solo o combinado, puede ser el gran medio de explotación para penetrar en las regiones centrales de África y de América del Sur, particularmente en la gran cuenca amazónica. En el Brasil, por ejemplo, el avión es hoy el único sistema de comunicación útil entre la costa del Atlántico (que está sobrepoblada) y las inmensas regiones del interior (punto menos que desérticas por falta de adecuados medios de transporte); entre Sao Paulo y Río de Janeiro, ciudades que socialmente se encuentra entre sí en parecida situación que Barcelona y Madrid, el avión ha substituído prácticamente al tren y al automóvil, con más de treinta enlaces aéreos por día. Si bien estos ejemplos no demuestran gran cosa sobre la aplicación para España, donde no hay necesidades tan extremas, no por ello pierde fuerza el razonamiento que demuestra el interés que el avión despierta en sí, como instrumento de progreso económico para quien sepa explotarlo y tenga la decisión de hacerlo.

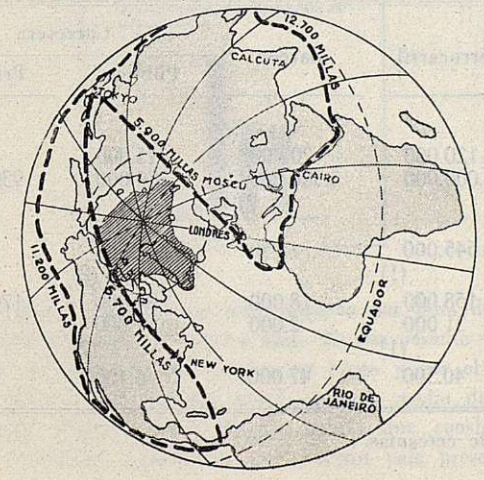
El tercer término de comparación puede ser la intensidad potencial de uso, que no es sólo función de la velocidad, sino también de la facilidad de maniobra y de la escasa servidumbre que el avión tiene entre el final de un viaje y el principio de otro, salvo los períodos normales de revisión. Un avión moderno representa un recorrido potencial superior a 1.000.000 de kilómetros por año. Una flota de solamente 200 aviones, con un total de 5.200 asientos ofrecidos —es decir, aproximadamente los aviones comerciales en Francia en 1948—, volando diez horas diarias, con velocidad comercial de 350 Km./h., habría de producir cerca de 7.000.000.000 de pasajeros/h. que es el movimiento anual de la RENFE en España.

El cuarto término de comparación puede ser la capacidad de transporte por c. v. de potencia, que es en el avión notablemente más reducido que en el barco y en el ferrocarril o en los automóviles, pero que aumenta día a día. Aproximadamente el avión necesita 300 c. v. por tonelada de peso, el tren 3,3 c. v. (considerando las locomotoras eléctricas del orden de 30 c. v. por tonelada y 22 c. v. las de vapor), el autocamión 22 c. v. por tonelada y el barco 1,3 c. v.; estas cifras varían mucho si se considera la energía consumida por tonelada tracción Km., como lo ha hecho el profesor Hans, de Gante, que la estima en 200 c. v./h. para el avión, 37 c. v./h. para el barco, 25 c. v./h. para el autocamión, 12 c. v./h. para el ferrocarril. Y si proseguimos con los índices de este tipo, el avión tarda ocho segundos en recorrer el Km., el ferrocarril tarda 50 segundos, el autocamión 70 segundos y el barco 90 segundos.

Finalmente, puede ser término de comparación el costo kilométrico de explotación; debido a la desventaja del avión en cuanto a carga por unidad de potencia motriz, resulta el avión más caro que los demás medios. No es este término completamente justo, porque en definitiva el tiempo también vale; aunque no nos sea posible ajustar su valor a una ley matemática. Este factor lo estiman todos los que pueden resolver un

CUADRO NÚM. 20

La importancia del Polo Norte en la era de la aviación



FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

problema de interés con su presencia física, e incluso los que desean aprovechar un corto tiempo de descanso para conocer otros lugares que los que habitualmente habitan. Pero aun sin considerar junto al costo el tiempo ganado, el hecho de que el avión pueda salvar las distancias de manera más directa que el transporte de superficie permite en muchas ocasiones una ventajosa comparación de precios. Aun así, tampoco en este aspecto se ha dicho la última palabra, porque los progresos constantes del avión y de los medios auxiliares de navegación conducen año tras año a muy apreciables rebajas en los costos de explotación, relativamente a la marcha de los índices medios de los costos de otras actividades en cada país. Por ejemplo, en tres tipos de aviones de un mismo constructor el progreso ha sido el siguiente: el «Douglas DC-3» supone 0,152 dólares por Tm./milla (vuelo, entretenimiento, amortización), el «DC-4» supone 0,127 dólares por Tm./milla y el «DC-6», que es el más moderno, queda en 0,116 dólares. El ingeniero para lograr esto opera sobre: *a*) el aumento de carga alar, es decir, peso transportado por superficie de ala; *b*) el aumento de finura o disminución de resistencia, lo que permite mayor carga por potencia motor; *c*) la disminución de costo de amortización, por simplificación de órganos constitutivos y estructurales, con mayor duración de los mismos y ahorro de revisiones.

No tomamos como término de comparación la seguridad, porque las estadísticas más recientes demuestran que todos los medios de transporte tienen un índice de seguridad comparable, si se emplean según sus adecuadas condiciones y características. Ya hicimos mención de los cuadros núm. 8 y núm. 9, que contienen datos de los EE. UU., así como de los servicios aéreos realizados por aviones españoles en 1949, sin un solo accidente ni de gran importancia ni de pequeña importancia. La seguridad en la navegación aérea depende de muchos factores, pero principalmente de la organización terrestre que apoya, vigila e inspecciona el vuelo, para tener garantía de que las tripulaciones cumplen los requisitos de seguridad en su material y encuentren los informes y las ayudas necesarias para su navegación y para el planteamiento correcto del vuelo. Esta organización terrestre cuesta evidentemente dinero; no excesivo en comparación con otros medios de transporte, como puede verse al llegar a este punto que se examina en la parte tercera de esta ponencia. Hay además otra consideración y es que esta organización terrestre no sólo aumenta la seguridad del vuelo, sino que activa el flujo del tráfico y, por consecuencia, aumenta notablemente la capacidad total de transporte. Por ejemplo, en aeropuerto acondicionado con ayudas modernas de navegación, donde la seguridad tiene su coeficiente máximo en todo tiempo sean cualquiera las dificultades atmosféricas para conseguirlo, la capacidad de transporte equivale hoy a un avión cada minuto, o sea más o menos 28.000 Tm., que pasan diariamente en cada sentido. Si esto se aplica, por ejemplo, a la ruta entre Madrid y Barcelona, cuyo recorrido se hace en menos de dos horas y se provee de una buena organización de carga y descarga en los terminales, de tal modo que un avión pueda realizar cinco recorridos redondos por día, puede intercambia 100 Tm. de Madrid a Barcelona y otras tantas en sentido contrario diariamente. El ejemplo concreto, verdadera experiencia práctica de esta intensidad de flujo en el transporte aéreo, lo hemos tenido recientemente en el llamado «puente aéreo de Berlín».

Aportamos a continuación algunos cuadros franceses que nos permiten completar la comparación de los medios diversos de transporte en cuanto al aspecto económico. Quede aclarado de antemano que esta comparación no incluye los costos de la infraestructura, en la cual es grande la ventaja del avión; en la parte tercera de este estudio se analiza la construcción de la red española de aeropuertos y de rutas aéreas, fijando el presupuesto necesario, de modo que pueda compararse con los presupuestos análogos de primer establecimiento y de entretenimiento, de los puertos marítimos y de la red viaria.

El cuadro núm. 21 se refiere a la comparación por las capacidades de transporte, donde se pone de manifiesto el rendimiento relativamente grande del avión, dada la oferta de ca-

CUADRO NÚM. 21

COMPARACIÓN SEGÚN LAS CAPACIDADES DE TRANSPORTE OFRECIDAS EN FRANCIA
(Instituto Francés de Transporte Aéreo)

Materias	Avión	Ferrocarril	Barco	Carretera	
				Público	Privado
Capacidad ofrecida:					
Pasajeros (número de plazas)	5.470	1.120.000	20.000	515.000	
Toneladas de capacidad global	572	5.000.000	3.300.000	380.000	930.000
Tráfico anual efectuado:					
Pasajeros (miles)	775	645.000 (1)	1.150	2.300.000 (2)	—
Mercancías (toneladas) (miles)	32	158.000	18.000	80.000	170.000
Pasajeros/Km. (millones)	1.050	31 000 (1)	2.000	11.000 (2)	—
Toneladas/Km. de mercancías (millones)	44	40.500	47.000	6.400	6.000

(1) La mitad aproximadamente de los pasajeros de ferrocarril son de cercanías.
(2) Está incluído el tráfico urbano, que es la mayor parte.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

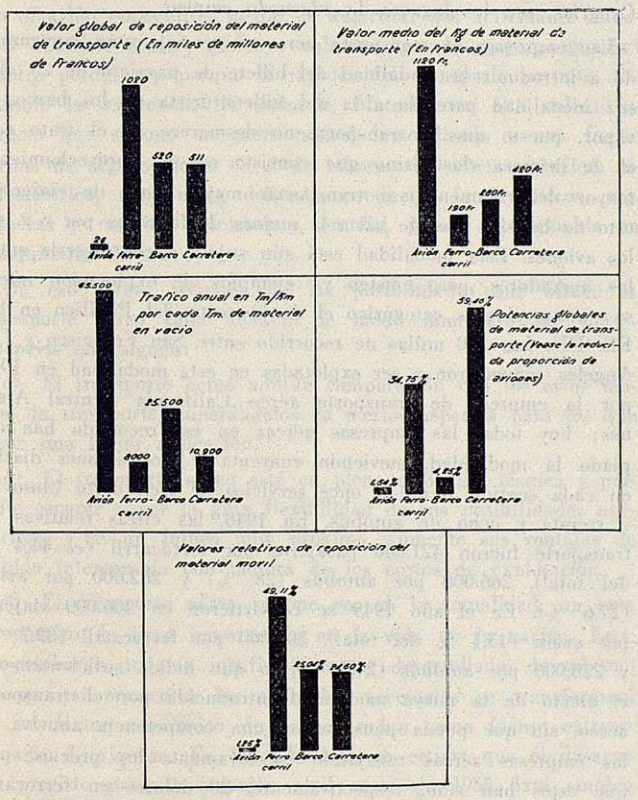
CUADRO NÚM. 22

COMPARACIÓN POR LOS PESOS, POTENCIAS Y VALORES DE AMORTIZACION EN FRANCIA (I. F. T. A.)

Materias	Avión	Ferrocarril	Barco	Carretera	
				Público	Privado
a) Tráfico global Tm/Km. (millones)..	148	43.500	47.000	7.250	6.000
b) Peso material en vacío (miles Tm.)	2,3	5.420	1.840	373	844
c) Potencia global (millones)	0,8	18	2,2	8,2	22,6
d) Peso por cv. (b/c) en Kg.	2,9	300	836	—	—
e) Valor global de reemplazamiento del material (millones Frs.)	26.000	1.020.000	520.000	154.000	357.000
f) Valor medio del Kg. de material móvil (e/b) en Frs.	1.120	190	280	—	—
g) Tráfico anual en Tm/Km. por cada Tm. de material (a/b)	63.500	8.000	25.500	13.400	7.100
h) Tráfico en Tm/Km. por cada millón de Frs. de valor del material móvil (a/e)	5.700	43.000	90.000	47.000	17.000
i) Períodos de amortización	8 años	40 años	20 años	5 años	5 años
j) Anualidad de amortización (en millones Frs.)	4.300	25.000	26.000	31.000	71.000
k) Tráfico en Tm/Km. por cada millón de amortización (a/j)	34.400	1.740.000	1.800.000	234.040	—

CUADRO NÚM. 22

Comparación por potencias y valores de reposición



pacidad global relativamente muy pequeña por falta de aviones en número adecuado. El cuadro núm. 22 nos permite una comparación por las potencias puestas en juego y por el valor de reemplazamiento del material móvil en cada medio de locomoción; para referir esto a España habría que considerar las peores condiciones geográficas que nuestro país presenta para el trazado y aprovechamiento de la red viaria, que se traduce (a efectos de este cuadro), en mayor consumo de energía y de material móvil. El grafico comparativo de valores de reemplazamiento del material móvil se ha completado con examen de los períodos de amortización, que difieren para cada medio, lo que da las anualidades teóricas de amortización. El cuadro prueba la ventaja del avión, en cuanto se refiere a la capacidad anual de transportar Tm./Km. por cada tonelada de peso en vacío del material móvil. El cuadro núm. 23 se refiere a la comparación por consumo de combustible, donde de nuevo hay desventaja del avión; pero si esto es importante en lo que atañe al transporte de mercancías pobres, no lo es en lo que respecta a pasajeros, pues en éstos cuenta más —en trenes y barcos— el lugar que ocupan que no el peso que suponen. Y finalmente, otro factor económico es el personal necesario en cada medio de locomoción para un mismo volumen de transporte; resulta en esto que para transportar 10.000.000.000 de pasajeros/Km. anualmente, el avión precisa 7.500 personas, el ferrocarril 1.500 (sólo personal de tracción, sin incluir el de vías y estaciones), el barco 38.000 personas y los autobuses 40.000; mientras que para transportar al año 1.000.000.000 Tm./Km. de mercancías, las cifras respectivas son, para el avión 5.000 personas, para el ferrocarril 1.000, para el barco 3.000 y para el camión automóvil 14.000 personas.

Este bosquejo de comparación sirve para hoy, no para mañana; pues las mejores técnicas que logre cada medio de locomoción habrán de repercutir extraordinariamente. Así, por ejemplo, puede ser la nueva técnica de ferrocarriles ligeros iniciada con el «Talgo» aunque no creemos que pueda desbancar a las ventajas relativas del avión. En lo que respecta a éste, son de señalar tres nuevos modos de explotación, aparte de los progresos técnicos del avión en sí, aumento de carga útil por c. v. de potencia, aumento de radio de acción, etc., de los que ya se ha hecho mención.

El helicóptero permitirá en un futuro muy próximo que sea realidad el transporte aéreo de puerta a puerta, entrando así en un nuevo campo de competencia con los automóviles y con

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

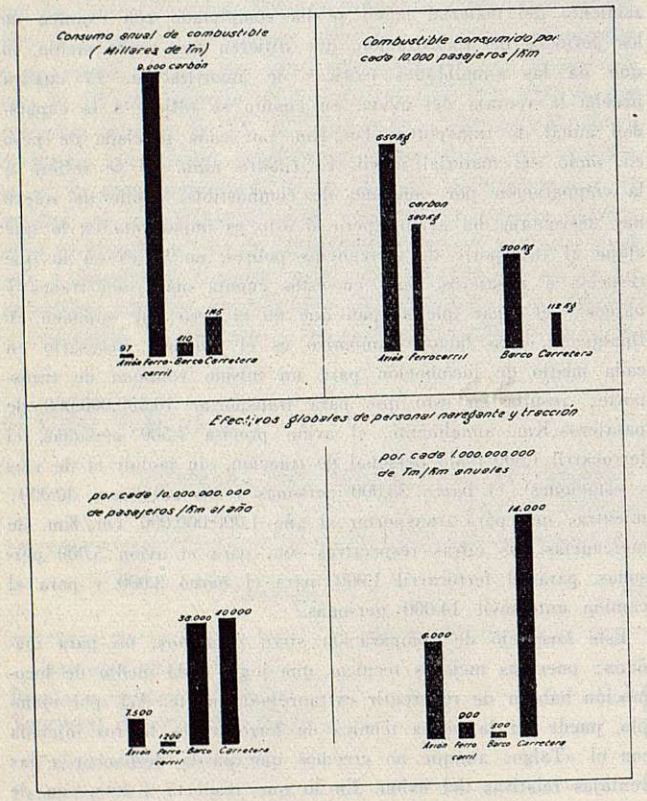
CUADRO NÚM 23

COMPARACIÓN DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE POR LOS CONSUMOS DE COMBUSTIBLES, EN FRANCIA

Materias	Avión	Ferrocarril	Barco	Carretera	
				Público	Privado
l) Pasajeros/Km. (millones)	1.050	31.000	2.000	11.000	
m) Tm/Km. (millones)...	148	43.500	47.000	7.250	6.000
n) Consumo anual de combustible (millones de Tm.).	97	9.000 (carbón)	410	526	619
					—
o) Pasajero/Km. por Tm. de combustible	15.000	—	33.300	21.900	
p) Tm/Km. por cada Tm. de combustible (m/n)... ...	1.500	4.800	114.600	13.800	9.700
q) Combustible consumido por cada 10.000 pasajeros/Km.	650 kgs.	380 kgs.	300 kgs.	112 kgs.	—
r) Combustible consumido por cada 1.000 Tm/Km. (n/m)	650 kgs.	210 kgs.	8,7 kgs.	73 kgs.	103 kgs.
s) Gasto anual de combustible (millones de Frs.) ...	2.600	31.500	2.700	27.500	33.000
t) Gasto de combustible en Frs. por cada 10.000 pasajeros/Km.	17.400	1.330	2.500	6.600	—
u) Gasto de combustible en Frs. por cada 1.000 Tm/Km.	17.400	735	57	3.800	5.500

CUADRO NÚM. 23

Comparación por potencias y valores de reposición



los ferrocarriles, particulares en cuanto atañe al reparto de correo y paquetes postales. El helicóptero se emplea ya en servicios regulares de transporte, en Inglaterra, en servicios postales, en Bélgica, y para enlace de aeropuertos y ciudades en diversos países; es sólo cuestión de tiempo que su uso se extienda mundialmente. Presenta la innegable ventaja de aterrizar en cualquier sitio, en una plaza pública, en una terraza, y esto lo hace aconsejable para muchos lugares donde es difícil construir aeropuertos; en España, la costa Norte y las islas Canarias, son los lugares de adecuado empleo.

Las empresas de transporte aéreo comercial están comenzando a introducir la modalidad del billete de pasajero de 2.ª clase; modalidad parecida a la del billete-turista en los barcos a vapor, puesto que el transporte no desmerece en el trato con el de primera clase, sino que consiste en un aprovechamiento mayor del volumen para transportar mayor masa de viajeros; esto no ha sido posible hasta la mejora de la carga por c. v. en los aviones. Esta modalidad está aún sujeta a controversia entre los operadores, pero existen ya ejemplos de explotación intensa; acaso el más categórico el de la costa del Pacífico en los EE. UU. Las 350 millas de recorrido entre San Francisco y Los Angeles comenzaron a ser explotadas en esta modalidad en 1949 por la empresa de transporte aéreo California Central Airlines; hoy todas las empresas aéreas en ese recorrido han copiado la modalidad, moviendo cuarenta y tres aviones diarios en cada sentido frente a once servicios de tren corto (autovía) y treinta y ocho de autobús. En 1948, las cifras relativas de transporte fueron 421.000 pasajeros por ferrocarril (el 44,4 % del total), 266.000 por autobús (28 %) y 262.000 por avión (27,6 %). En el año 1949 se convirtieron en 406.000 viajeros por avión (43,1 % del total), 308.000 por ferrocarril (32,7 %) y 228.000 por autobús (24,2 %), lo que indica suficientemente el efecto de la nueva modalidad introducida por el transporte aéreo, sin que pueda pensarse en una competencia abusiva de las empresas aéreas rebajando excesivamente los precios, porque éstos han sido, respectivamente, 20 dólares en ferrocarril «pullman», siete dólares en ferrocarril y clase general y 5,40 dólares en autobús, con lo que demuestran los operadores del transporte aéreo que puede ganarse dinero con adecuada explotación a esos precios.

Finalmente, el avión se ha lanzado, desde 1946, vigorosamente a la conquista del transporte de carga y cada año son más concluyentes los resultados. Hasta ahora han aprovechado los

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

operadores, viejos aviones de uso general, pero ya han comenzado a explotarse aviones especialmente proyectados para carga, o mejor aún, mixtos de carga y pasaje, con los cuales el rendimiento es, naturalmente, mucho mejor. Sin embargo, uno de los mayores obstáculos para el transporte internacional de mercancías, en ciertos países de Europa, como España, está en la dificultad de coordinar los fletes de ida con los de retorno, pues que lógicamente encarece el precio el recorrido en vacío. A remediar este inconveniente han venido las llamadas «Bolsas de flete aéreo», que se han creado en diversos países con notable resultado; el objeto de estas Bolsas es el de centralizar ofertas y demandas, intercambiando noticias entre los diversos países. La consecuencia inmediata de esta labor ha sido extender considerablemente la captación de mercancías, que aumenta extraordinariamente no sólo en cantidad, sino también en variedad, que hoy comprende ya gran diversidad de productos, entre los que cuentan especialmente los que siguen: frutas, frutos y legumbres (porque la rapidez del transporte les permite no perder en calidad ni en valor, además de que pueden así adelantarse a la concurrencia); productos alimenticios y de consumo general, que necesitan cuidados en el transporte y que se producen de preferencia en unas regiones, como son la carne, la leche y sus derivados, los pescados y mariscos y, en fin, las flores. Animales vivos de reproducción o de lujo; más aún los de concurso, por ejemplo, caballos de carreras, que en el avión encuentran medio de aumentar sus actividades anuales. Textiles, cueros, pieles y calzados, por la mayor seguridad contra pérdidas y porque la rapidez del transporte permite disminuir la existencia de almacén. Material de alta calidad y precio que supone un gran capital inmovilizado y una fuerte prima de seguro, como es el de laboratorio, cinematográfico, radioeléctrico, maquinaria delicada, productos farmacéuticos, oro, piedras y metales preciosos y, en fin, piezas de recambio en maquinaria diversa.

De este breve resumen de las posibilidades que ofrece el transporte aéreo cabe deducir de modo inmediato las consecuencias que siguen:

a) El transporte aéreo admite comparación con los otros modos de transporte, superándolos en ciertos aspectos para los que tiene una mejor aplicación.

b) El transporte aéreo está en plena evolución técnica y permite esperar —por la gran flexibilidad de sus posibilidades operativas—, en un futuro muy próximo, aumente sus ventajas de rápido intercambio con mejora de los costos de explotación.

c) El transporte aéreo supone ya, en la actualidad, un ente económico de gran importancia en la vida de la nación. Está, sin embargo, todavía insuficientemente desarrollado, de tal modo que si encuentra los estímulos necesarios se transformará en un factor económico de primer orden como fuente extraordinaria de riqueza. En los EE. UU. se estima que el desarrollo previsto para la aviación civil antes de 1955 dará empleo nuevo a 902.000 personas, repartidas así: 308.000 en manufacturas de producción aeronáutica, 326.000 en servicios de explotación y 268.000 en preparación de primeras materias y en servicios conexos).

d) El transporte aéreo por su potencialidad para nuevas relaciones internacionales ayuda a la mejor inteligencia entre naciones y a la paz mundial, constituye, además, reserva excelente para el poder aéreo militar.

Segunda parte

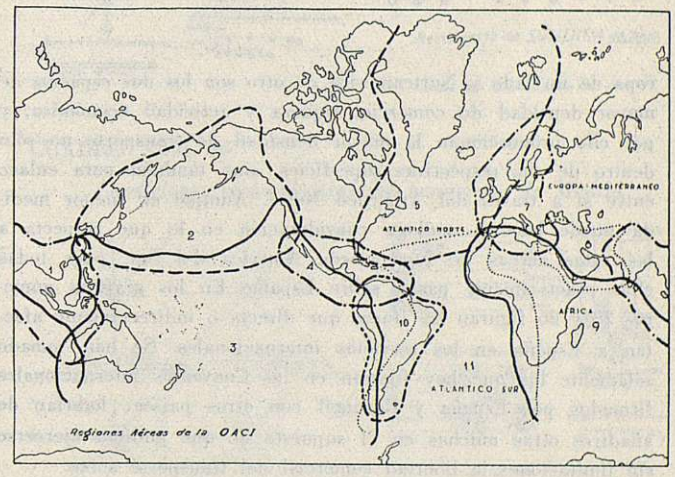
ESPAÑA COMO FACTOR GEOGRÁFICO

4) España en las rutas aéreas mundiales.

Con el propósito de ajustar internacionalmente el desarrollo de la aviación civil se fundó en Chicago, en 1944, la Organización Internacional de Aviación Civil (O. A. C. I.), organismo que trata de fijar, de acuerdo entre los cincuenta y cuatro Estados que la componen, las condiciones técnicas, económicas y legales para el transporte aéreo internacional. En cierto modo, esto vale tanto como decir el transporte aéreo simplemente, porque el avión es un instrumento de transporte que se presta especialmente para relaciones internacionales mayormente en Europa, donde la extensión superficial de los países es relativamente pequeña, frente a la velocidad, el radio de acción y a la flexibilidad de explotación de los aviones modernos. La aviación precisa más que ninguna otra actividad de estatutos internacionales, y si bien los Reglamentos de la O. A. C. I. no afectan a los transportes puramente domésticos, casi siempre éstos se regulan tomando la experiencia de los internacionales.

Aunque el propósito de la O. A. C. I. es mundial y da por supuesto que en el futuro la red aérea no distinguirá de aspectos regionales, por ahora la O. A. C. I. ha dividido el mundo en regiones —atendiendo a la personalidad y a la importancia económica— para estudiar dentro de ellas las organizaciones de orden técnico que apoyen y sirvan al vuelo. El Gráfico número 24 nos muestra estas regiones de la O. A. C. I., poniendo

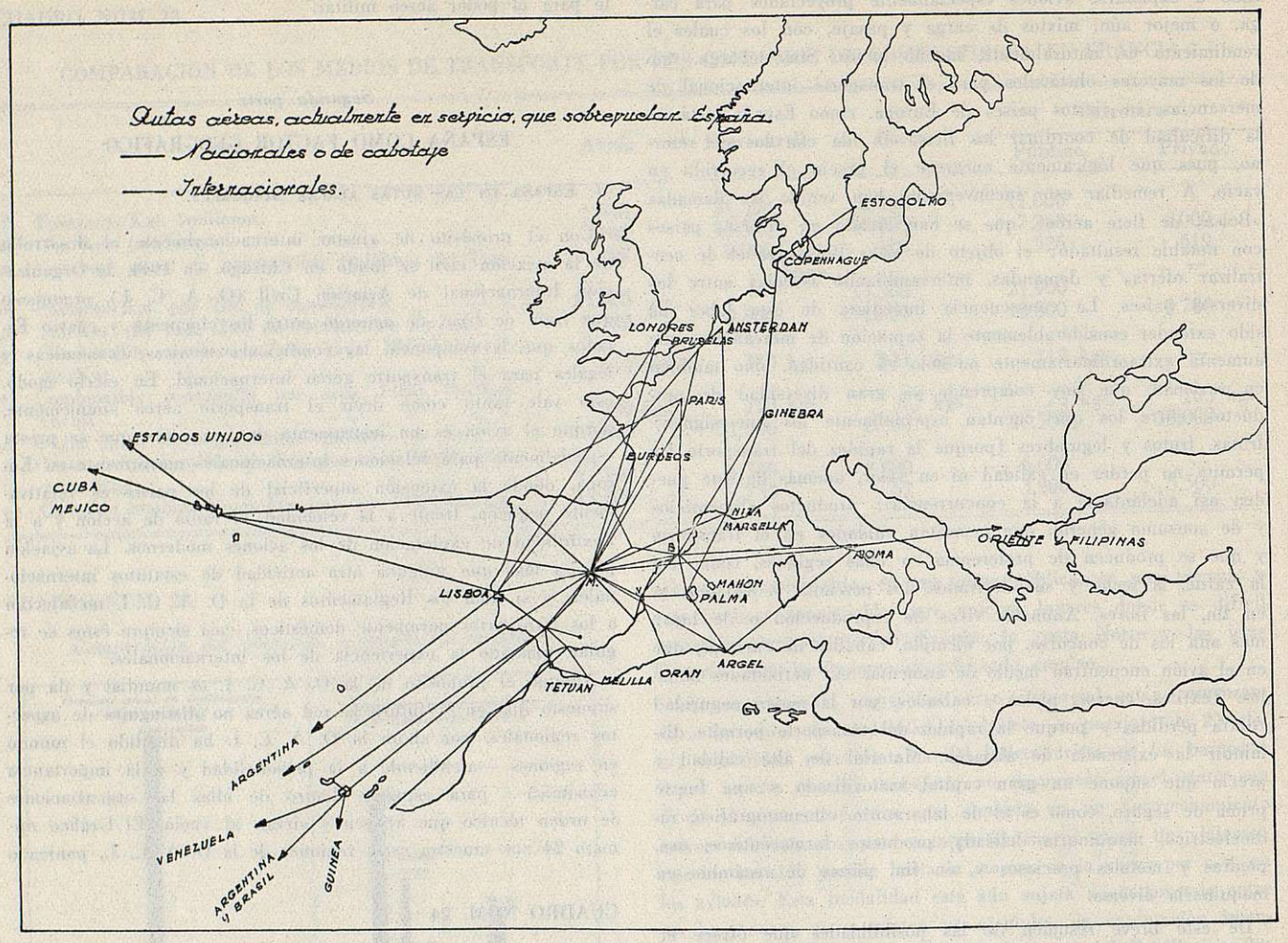
CUADRO NÚM. 24



de manifiesto que España se encuentra a caballo sobre tres de ellas, además de tener interés directo e inmediato sobre otra, Atlántico Sur, por la situación geográfica de las Islas Canarias. Este solo gráfico basta para poner bien de relieve la importancia de la situación geográfica de España en las rutas aéreas mundiales; la importancia acrece si se considera que Eu-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NÚM. 25

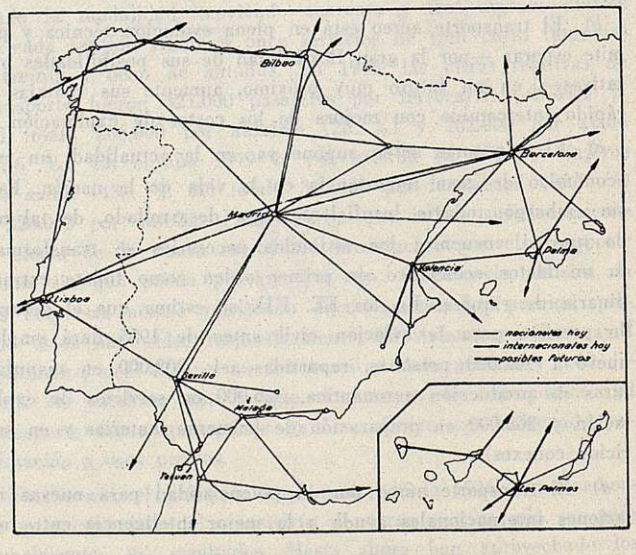


ropa de un lado y Norteamérica de otro son los dos espacios de mayor densidad de comercio, riqueza y actividad económica, y por ello proporcionan la mayor densidad de transporte no sólo dentro de sus respectivas superficies, sino también para enlace entre sí a través del Atlántico Norte. Aunque en menor medida puede hacerse análoga consideración en lo que respecta a las rutas aéreas de Europa con América del Sur, pues todas ellas prácticamente pasan sobre España. En los gráficos números 25 y 26 figuran las líneas que directa o indirectamente afectan a España en los servicios internacionales. Se han tomado solamente los que hoy figuran en los Convenios internacionales firmados por España y Portugal con otros países; habrían de añadirse otras muchas en el supuesto de que pudiera ejercerse sin limitaciones la libertad comercial del transporte aéreo.

De este examen, en el cual no es necesario profundizar por el momento, se deduce claramente el lugar de extraordinaria importancia que España ocupa; verdadera plataforma que puede servir pra dispersión del tráfico aéreo, tras la travesía Atlántica, en forma parecida al papel que desempeñó París como plataforma para Europa en los servicios ferroviarios. Lo único necesario para que esta situación geográfica se convierta en efec-

CUADRO NÚM. 26

Corrientes de tráfico nacionales e internacionales que interesan a España



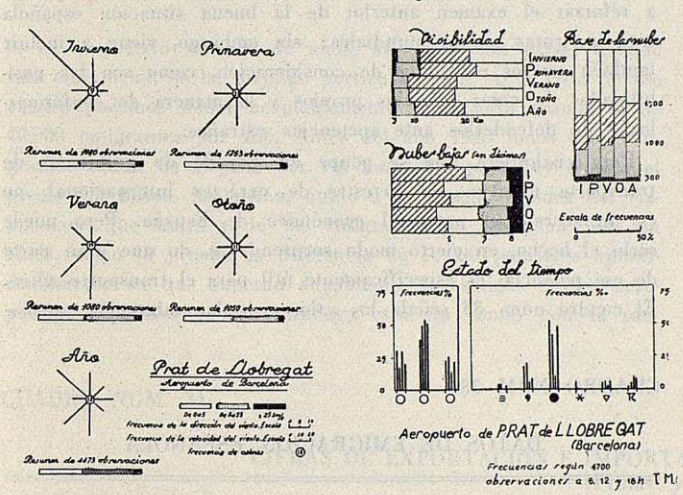
FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

tiva plataforma de dispersión, es que se la dote técnicamente de las instalaciones de ayuda al vuelo y legalmente de los Reglamentos y legislación que permitan y atraigan la llegada de aviones de largo recorrido.

En los servicios de transporte aéreo hay que distinguir esencialmente tres clases de recorrido. Los recorridos de larga distancia o líneas troncales que, salvando océanos o zonas continentales de reducida aportación económica, enlazan entre sí varios centros de gran atracción económica. Las líneas internacionales de recorrido medio que sirven para alimentar y dispersar el tráfico alrededor de esas etapas y terminales de líneas troncales. Y, finalmente, las líneas llamadas de cabotaje, que enlazan entre sí puntos del mismo país respondiendo a necesidades de tipo doméstico. Así como las líneas de cabotaje responden a requisitos meramente nacionales sin necesitar para nada de las otras líneas, por el contrario las grandes líneas troncales y las medianas de dispersión se complementan mutuamente; no se conciben servicios de dispersión si no parten de un auténtico centro que se enlace con otros lejanos, y tampoco se conciben servicios troncales cuyos terminales, o cuyas etapas, no constituyan centros de dispersión y alimentación. Pero el caso es que las líneas troncales de largo recorrido tienen todavía manifiestas servidumbres meteorológicas, de tal modo que con frecuencia sus trazados se apartan de los teóricamente deseables para ajustarse a recorridos de mayor posibilidad en la práctica. Partiendo de ello, España no solamente queda cerca de los grandes centros de atracción económica, no solamente es también paso obligado para ciertos recorridos, como son los de Europa a Centroamérica y América del Sur, sino que también es paso aconsejable para otras rutas del Atlántico Norte, porque meteorológicamente presenta mejores condiciones en ciertas épocas del año; esto, por ejemplo, se aplica concretamente a las rutas aéreas entre Irlanda y Terranova, que durante el invierno se trasladan hacia el Sur apoyándose en la Península Ibérica y en las Azores. En los gráficos núms. 27 a 32 se reflejan las condiciones de algunos aeropuertos españoles desde el pun-

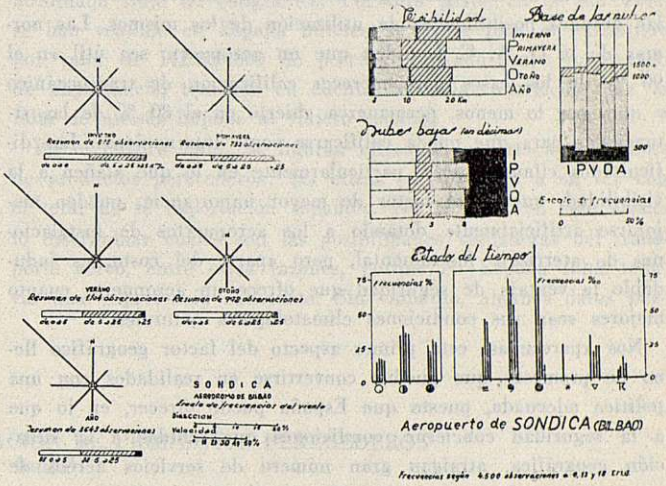
CUADRO NÚM. 27

Condiciones climatológicas del aeropuerto de Barcelona



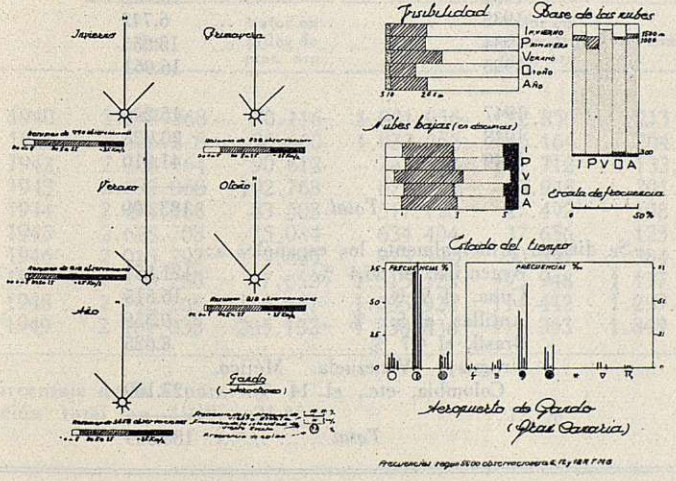
CUADRO NÚM. 28

Condiciones climatológicas del aeropuerto de Bilbao



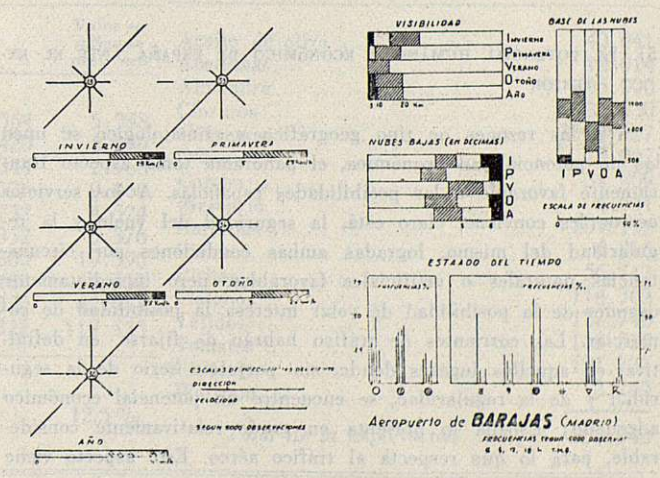
CUADRO NÚM. 29

Condiciones climatológicas del aeropuerto de Gran Canaria



CUADRO NÚM. 30

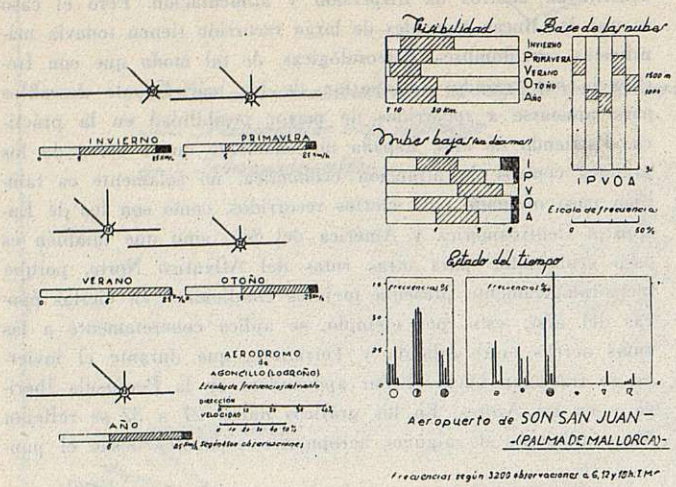
Condiciones climatológicas del aeropuerto de Madrid



FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

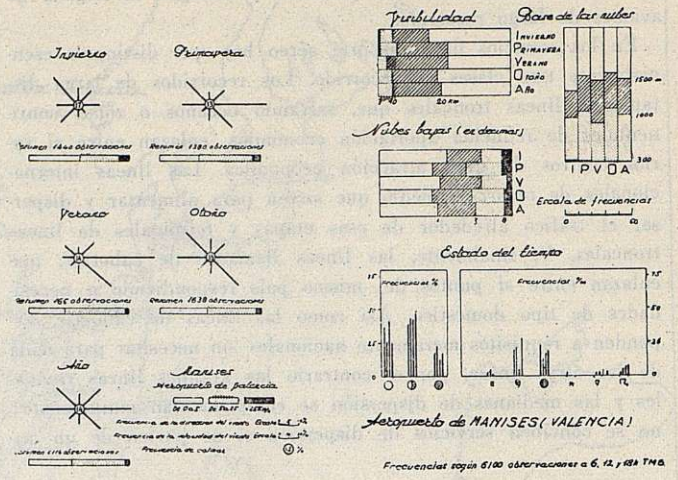
CUADRO NÚM. 31

Condiciones climatológicas del aeropuerto de Mallorca



CUADRO NÚM. 32

Condiciones climatológicas del aeropuerto de Valencia



to de vista de la climatología acronáutica, demostrando con ello las grandes posibilidades de utilización de los mismos. Las normas de la O. A. C. I. piden que un aeropuerto sea útil en el 90 % de los casos para merecer calificación de transoceánico y que, por lo menos, permanezca abierto en el 80 % de las situaciones para que pueda calificarse como internacional. Las dificultades climatológicas, particularmente en lo que atañen a la visibilidad, que es el factor de mayor importancia, pueden mejorarse artificialmente dotando a los aeropuertos de instalaciones de aterrizaje instrumental, pero aparte del costo, es indudable la ventaja de seguridad que ofrece un aeropuerto cuanto mejores sean sus condiciones climatológicas naturales.

Nos aparece así este primer aspecto del factor geográfico lleno de promesas que pueden convertirse en realidades con una política adecuada, puesto que España puede ofrecer, en lo que a la seguridad concierne, condiciones que, unidas a la situación geográfica, atraigan gran número de servicios aéreos de otros países. De este modo España puede constituirse como centro de dispersión y de alimentación de una gran parte del tráfico entre Europa y América del Norte y del Sur, transformándose así en un factor económico de importancia.

5) El potencial humano y económico de España ante el exterior

Si a las razones de tipo geográfico y climatológico se unen las de potencialidad económica, el panorama toma aspecto francamente favorable a las posibilidades españolas. A los servicios aéreos les conviene, claro está, la seguridad del vuelo y la regularidad del mismo, logradas ambas condiciones por circunstancias naturales o artificiales favorables, pero inmediatamente después de la posibilidad de volar interesa la posibilidad de comerciar. Las corrientes de tráfico habrán de fijarse, en definitiva, en aquellos lugares donde, sin perjuicio serio de la seguridad y de la regularidad, se encuentre un potencial económico adecuado; España lo presenta en grado relativamente considerable, para lo que respecta al tráfico aéreo. Este aspecto viene a reforzar el examen anterior de la buena situación española ante las rutas aéreas mundiales; sin embargo, viene a incluir también nuevos elementos de consideración, como son las posibilidades de crear servicios propios y la manera de conformarlos y de defenderlos ante apetencias extrañas.

Para cualquiera que se ocupe en España de problemas de transporte marítimo o terrestre de carácter internacional, no es un secreto el potencial económico de España. Pero puede serlo el hecho, en cierto modo sorprendente, de que gran parte de ese potencial es específicamente útil para el transporte aéreo. El cuadro núm. 33 señala los valores de la emigración españo-

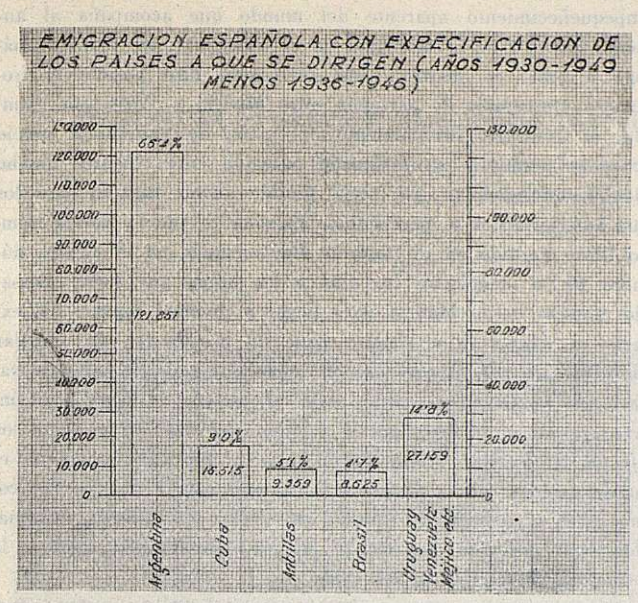
CUADRO NÚM 33

DATOS DE EMIGRACIÓN ESPAÑOLA

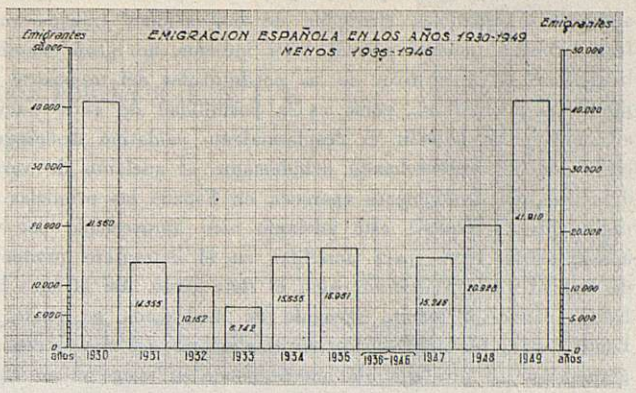
Años	Emigrantes
1930	41.560
1931	14.355
1932	10.152
1933	6.742
1934	15.655
1935	16.961
1947	15.246
1948	20.928
1949	41.910
Total	183.509
Se dirigen principalmente los españoles a:	
Argentina, el 66,4 %	121.851
Cuba, el 9 %	16.515
Antillas, el 5,1 %	9.359
Brasil, el 4,7 %	8.625
Uruguay, Venezuela, Méjico, Colombia, etc., el 14 %	27.159
Total	183.509

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NÚM. 33



CUADRO NUM. 33



la en un cierto número de años, así como los países adonde esta emigración se ha dirigido particularmente. A la vista de ese cuadro podemos tomar aceptablemente como cifra normal la de 40.000 emigrantes por año. Antes del año 1940 todos esos emigrantes salían de España por vía marítima, pero hoy en día el precio del billete por avión, unido a la enorme rapidez del viaje, hace que muchos de los emigrantes se trasladen por vía aérea, como lo prueba la diferencia de 10.000 pasajeros aproximadamente en que superan anualmente las salidas de los aeropuertos españoles a las entradas; esto sin contar con la sangría que a través de Portugal, adonde se dirigen para utilizar otros servicios aéreos, se produce por insuficiencia de oferta para el transporte aéreo en los aeropuertos españoles. Actualmente existe para Venezuela una demanda de alrededor de 5.000 billetes de avión, cifra que no podría justificarse sino por un acentuado flujo de emigrantes. Por otra parte, en el año 1949, se han vendido en España billetes de avión para el extranjero por valor de 142.000.000 de pesetas, que constituye un indicio de importancia, teniendo en cuenta la actual restricción que la falta de divisas impone al viajero español.

En el cuadro núm. 34 figuran cifras de exportación española de productos perecederos; las cifras se comparan a su vez con el total de la exportación española. No es fácil en este aspecto discriminar cuáles son las posibilidades verdaderas del transporte aéreo, entre otras razones, porque en España falta todavía una experiencia suficiente. Sin embargo, algunos datos pue-

CUADRO NÚM. 34

CIFRAS DE EXPORTACIÓN E IMPORTACIÓN DE PRODUCTOS PERECEDEROS
(Frutas y frutos)

AÑOS	EXPORTACION						VALOR EN MILES DE PESETAS ORO DE LA EXPORTACION TOTAL ESPAÑOLA DURANTE EL AÑO 1949	
	NARANJAS		PLATANOS		TOMATES			
	Qm.	Valor en miles de ptas. oro	Qm.	Valor en miles de ptas. oro	Qm.	Valor en miles de ptas oro		
1940	3.247.368	70.116	1.021.956	32.856	213 564	5.388	Aceite de oliva	40.041
1941	3.126.278	96.660	1.032.252	46.164	204 420	5.940	Aceitunas	12 014
1942	2.308 164	90.612	777 852	41.712	133.344	7.968	Almendra	35.990
1943	2.092.068	102.768	679.320	39.948	201.336	9.060	Cloruros	36 530
1944	2.494.368	83 508	517.120	27.492	108.732	4.524	Conservas	24 717
1945	2.628.708	75 084	634.404	37 656	125.352	5 376	Coñacs	15.997
1946	2 015.292	79.800	913.392	50.952	384.300	19.596	Corcho	31 809
1947	1.736.280	77.652	1.515.528	93.948	1 137 180	65.532	Mercurio	4.551
1948	2 742.268	116.181	1.635.924	114.442	1.299.359	62.953	Naranjas	205.132
1949	2 261.038	205.132	1 338.836	114.363	1.849 322	119.525	Pieles	6.816
							Piritas	56.713
							Plátanos	114.363
							Tejidos	127.740
							Tomates	119 525
							Vinos	121.737
							Wolfram	2 265
Porcentaje de la exportación total en 1949.		21 %		12 %		12.5 %	*Total de la exportación*	955.940

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

den dar idea de que el transporte de ciertos frutos atrae ya el interés del flete aéreo; por ejemplo, en el año 1948 salieron de aeropuertos españoles alrededor de 600 aviones transportando fruta. Pueden tomarse además otros indicios, no quizá cuantitativos, pero sí calificativos de las posibilidades del transporte de productos perecederos, como es la posibilidad de abrir nuevos mercados o de impedir el desplazamiento paulatino de productos españoles, aprovechando debidamente el adelanto de varios días con que comúnmente aparecen en España las primicias de casi todos los frutos; este adelanto bien aprovechado por vía aérea podría servir para acreditar en el extranjero productos de calidad que permitieran pagar el flete aéreo. Así lo hace Holanda, donde el tomate recogido de madrugada se vende en Londres para ser aprovechado en el almuerzo del mismo día, logrando así un prestigio que puede poner en riesgo el de nuestra exportación de las Islas Canarias, porque, una vez acostumbrado el consumidor a una marca, es difícil que cambie. Y, en fin, dentro de la misma tónica de señalar indicios sin que sea posible valorarlos, entra también la posibilidad de abrir nuevos mercados, por ejemplo, para flores o, mejor aún, para productos del mar, de los que nuestra economía puede obtener ayudas no despreciables. El transporte de carga atrae hoy el interés de casi todos los países y de las más importantes empresas aéreas, como se ha visto en la primera parte de este estudio; los países entienden que el transporte aéreo es un medio de activar la exportación de ciertos productos y de unificar economías entre países lejanos, y por eso no vacilan en estimularlo con subvenciones directas e indirectas mientras esperen que logre establecerse sólidamente en el interés público.

En este breve resumen, más bien relato de actividades posibles, no sabe entrar en el fondo y en el detalle de cada uno de los aspectos, desdeñando por ahora teorizar sobre la generación de mercados a compás del progreso de los medios de locomoción, fenómeno que es típico a lo largo de la historia del transporte. No sería prudente, sin embargo, dejar sin comentario un aspecto de gran interés, el del turismo, que, si bien produce ya notable ingreso, está muy lejos de representar todavía el valor económico que realmente puede. Para el turismo el transporte aéreo es, sin lugar a discusión ninguna, un medio de extraordinaria eficacia; hasta considerar simplemente el empequeñecimiento aparente del mundo que acompaña al aumento efectivo de la velocidad en el transporte. De manera análoga a como el desarrollo del ferrocarril hizo posible el frecuente intercambio de personas entre Madrid y París, por ejemplo, el definitivo asentamiento del avión de viajeros a precio reducido permitirá un fenómeno parecido entre lugares mucho más distanciados, ya que sería posible visitar lugares para los que anteriormente se necesitaban disponer de mucho mayor tiempo libre, perdido en el traslado. Por ejemplo, en el cuadro número 40 se mencionan los días o las horas que sería necesario emplear desde Madrid para llegar a diversos lugares del exterior o viceversa; el cuadro pone de manifiesto con singular claridad que para aprovechar en lugares lejanos períodos de vacaciones relativamente cortos sólo es posible utilizar el avión. Aparece así un nuevo tipo de turismo, del que ya se notan los efectos en nuestra propia patria, pese a que aún no cuenta el turismo aéreo con la legislación que más puede favorecerlo, como es la regulación de paradas en viaje y los billetes combinados, que permitan aprovechar la gran flexibilidad que es la principal característica del avión.

No entramos en examen de las posibilidades de vuelos privados, turismo aéreo neto semejante al que se desarrolla en automóvil; nos hemos referido solamente al viajero normal, por negocios o por placer, que en el avión ve la posibilidad de ampliar sus visitas o la ocasión de conocer nuevos lugares y de detenerse en el camino para aprovechar cortos períodos. Sin embargo, el turismo en avión privado puede alcanzar cifras considerables a poco que se lo estimule, como lo prueba el buen éxito del «Rallye» organizado en 1949 por el Real Aero Club de España, en el cual la menor participación fué por cierto la española por carencia de aviones.

La consecuencia final de este resumen de consideraciones deberá llevarnos a la estimación, aunque sólo aproximada, del potencial español en lo que respecta al transporte en general y dentro de él, la parte adecuada para el transporte aéreo. Ambos aspectos son difíciles de fijar con detalle, pues no pueden considerarse suficientes los cuadros núms. 35 a 38, que muestran el movimiento habido en España en ferrocarril, carretera, barco

CUADRO NÚM. 35

TRÁFICO DE VIAJEROS Y MERCANCÍAS TRANSPORTADAS POR LA R. E. N. F. E.
(Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles) (Vía ancha normal)
(Cifras en millares)

AÑOS	Viajeros transportados	Viajeros — Kms.	MERCANCIAS TRANSPORTADAS G. V. Tm.	P. V. Tm.	Total Tm.	Toneladas — Kms.	Vagones cargados	RECAUDACION (PESETAS) Viajeros	Mercancías	Total
1942	107 820	7.529.184	1.596	24.900	26.496	4.270.824	2.784	556.908	992.460	1.549.368
1943	115.392	7.437.504	1.752	25.704	27.456	4 315.860	2.880	550.980	1.055.016	1.605.996
1944	114.444	7.343.172	2.028	21.924	23.952	4.573.536	3.012	540.588	1.109.736	1.650.324
1945	100.476	6.221.868	1.980	24.012	25.992	4.346.184	3 096	611.736	1.333.332	1.945.068
1946	98.964	6 866 604	2.172	24 744	26.916	4.881.300	3 048	803 508	1.536.540	2 340.048
1947	109.500	7.496.316	2.112	26.244	28.356	5.174.556	2 928	931.104	1 659.216	2.590 320
1948	115.080	7.613.772	1.752	22.656	24 408	5 541.396	3.036	995 880	1.773.876	2.769.756
1949	110.051	7.291.142	1.624	23.169	24.793	5.531.301	3.044	952.274	1.754.468	2.706.742

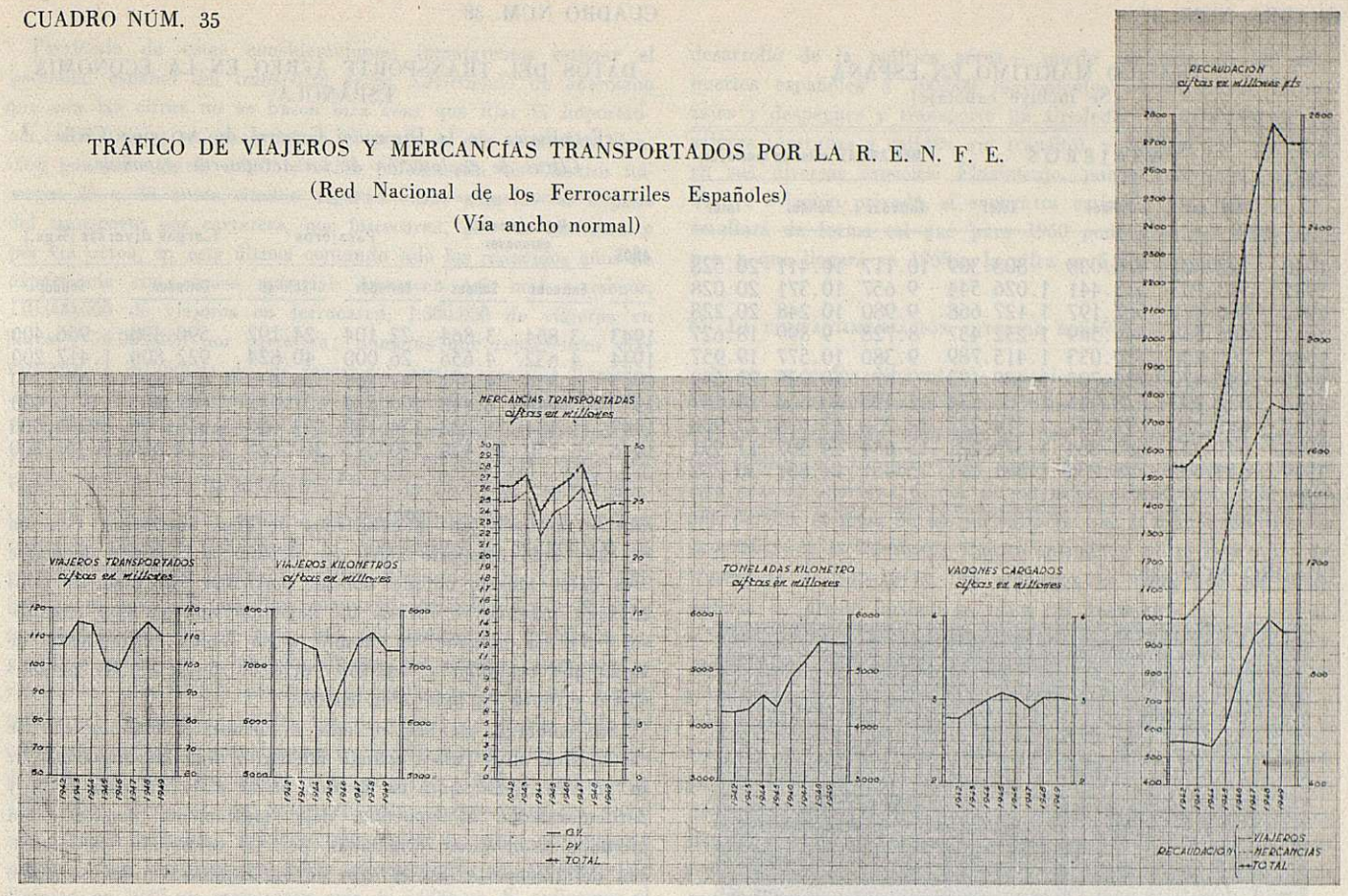
FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NÚM. 35

TRÁFICO DE VIAJEROS Y MERCANCÍAS TRANSPORTADOS POR LA R. E. N. F. E.

(Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles)

(Vía ancho normal)



CUADRO NÚM. 36

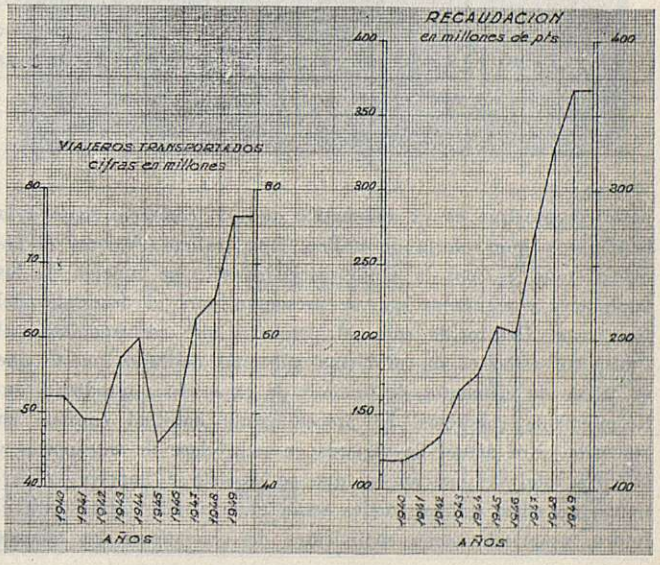
TRANSPORTES POR CARRETERA EN ESPAÑA

(Líneas regulares)

Años	Viajeros	Recaudación
1940	52.486.775	120.961.831
1941	49.562.151	126.215.175
1942	48.904.916	136.798.323
1943	57.245.514	167.192 947
1944	60.018.716	178.324.715
1945	45.910.486	211.064.874
1946	48.759.560	207.121.144
1947	62 626.282	272.805.732
1948	65.122.858	329.796.278
1949	76.441.312	368.073.865

y avión, a causa de que no contamos aún con una ordenación adecuada ni con los medios de infraestructura y de movimiento que impulsen el tráfico. El potencial humano y económico de España ante el exterior es función de las facilidades de trans-

CUADRO NÚM. 36



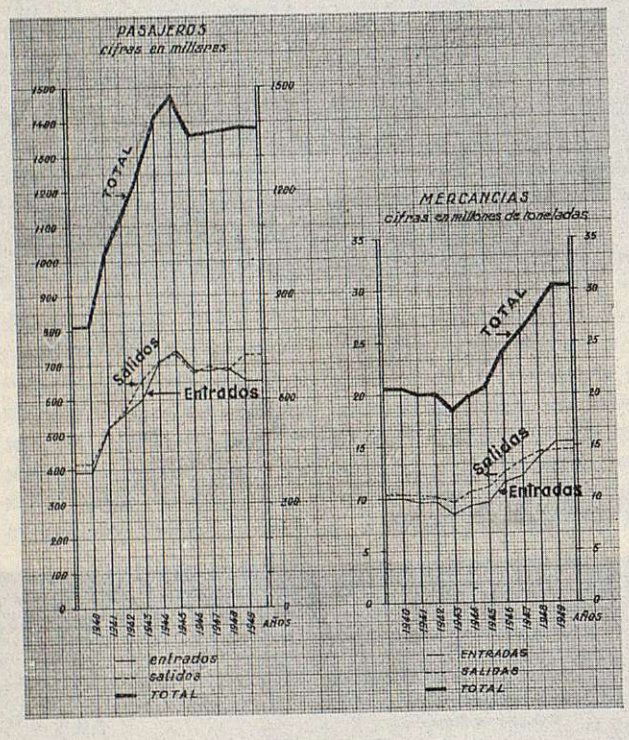
FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NÚM. 37

TRÁFICO MARÍTIMO EN ESPAÑA
(Se incluye cabotaje)

AÑOS	PASAJEROS			MERCANCIAS miles de toneladas)		
	Entrados	Salidos	Total	Entradas	Salidas	Total
1940	392.301	416.008	808.309	10.117	10.411	20.528
1941	513.103	513.441	1.026.544	9.657	10.371	20.028
1942	560.471	567.197	1.127.668	9.980	10.248	20.228
1843	606.868	645.569	1.252.437	8.728	9 899	18.627
1944	705.756	710.033	1.415.789	9.380	10.577	19.957
1845	745.470	736.703	1.482.173	9.671	10.928	20.599
1946	682.293	678.941	1.361.234	11.496	10.661	24.157
1947	681.580	692.647	1.374.227	12.232	13.676	25.908
1948	691.337	683.884	1.375.221	13.684	14.307	27.991
1949	653.652	728.239	1.381.891	15.451	14.831	30.282

CUADRO NÚM. 38



porte, puesto que es ya axiomático que «el comercio sigue a la bandera» y que «oferta de tráfico, crea tráfico». Valorar el potencial total es, por lo tanto, hacedero sólo en función de las facilidades y estímulos que se presentan para el desarrollo del transporte. Dentro de esto, el potencial que correspondería al transporte aéreo es un problema aún más delicado, puesto que se carece de elementos de juicio y de experiencia estadística suficientemente concretos. El procedimiento habitual consiste en tomar la cifra actual de viajeros en toda clase de transportes y la cifra total de mercancías que se exporta e importa y, partiendo de ellas, estimar cuáles serán esas mismas cifras para el futuro, aceptando como coeficientes de crecimiento los mismos

CUADRO NÚM. 38

DATOS DEL TRANSPORTE AÉREO EN LA ECONOMÍA ESPAÑOLA

(Estadística de la Dirección General de Aviación Civil)
Cifras de explotación de los aeropuertos españoles

AÑOS	Movimiento de aeronaves		Pasajeros		Cargas diversas (Kgs.)	
	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas
1943	3.864	3.864	22.104	24.192	590.400	956.400
1944	4.632	4.656	26 000	40.824	922.800	1.417.200
1945	4.836	4.872	47.268	56.808	1.039.200	1.051.200
1946	8.448	8.448	100.824	107.532	1.682.400	1.910 400
1947	11.184	11.232	134.132	153.660	3.916.000	3.264.000
1948	16.550	16.436	170.373	219.825	3.314 800	5.351 700

que se observen por la estadística de años anteriores. Pero en el caso del transporte aéreo en España no pueden aceptarse esos datos previos porque nuestra particular situación en estos años en materia de divisas ha impedido una política expansiva y nos ha obligado, en cambio, a un relativo aislamiento, de modo que cualquier estimación corre el riesgo de ser notablemente errónea en más o en menos.

Sin embargo, este es, ni más ni menos, el caso en que se encontraron otros países cuando intentaron fijar las directrices de su política aérea, que, en lo que atañe a la aviación civil, y particularmente, al comercio, debe lógicamente inspirarse en premisas económicas originadas por la valoración del potencial del transporte. En el caso de los Estados Unidos es típico en ello, y en los Cuadros núm. 10 a núm. 18, se resumen los elementos de juicio de que se partió. Se dió, por supuesto, que el transporte aéreo, pese a que tiene facetas y características propias que estimulan el aumento de tráfico, habría de seguir, con más o menos ritmo, el camino parecido al de otros transportes; se estimó también que el empleo del avión, como el de cualquier otro medio de locomoción, no es otra cosa sino la consecuencia de un potencial de riqueza y de actividad industrial y social, cuyos índices son, por ejemplo, el número de automóviles y su crecimiento, el grado de riqueza por habitante, el potencial industrial y su distribución, así como los valores del transporte de superficie. De este modo, se estimó el crecimiento del transporte aéreo en sus tres aspectos: Regular de viajeros, carga y privado o por contrata, incluyendo en este último los llamados transportes ocasionales.

Es útil aclarar aquí que el potencial de España para el transporte aéreo no va en su totalidad a nutrirse de las actividades de los transportes de superficie, marítimos, ferroviarios y por carretera, sino que, por el contrario, va a producir en buena parte tráfico nuevo, creado por las propias facilidades que presenta el nuevo medio de transporte. Es un hecho cierto que se comprueba con todo trabajo estadístico, que en las naciones con transporte aéreo muy desarrollado ha aumentado notablemente el volumen del transporte total, y que, en muchos casos, han aumentado incluso los transportes de superficie, cuando tales transportes sirven para alimentar de tráfico a los lugares de concentración del tráfico aéreo, o, al revés, para dispersar el que a tales centros llega.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Partiendo de estas consideraciones, intentaremos estimar el potencial español del transporte aéreo, advirtiendo de antemano que con las cifras no se busca otra cosa que fijar la importancia cualitativa y, en consecuencia, el grado en que se merece atención por parte de la administración pública. En los Cuadros números 35 a 38 antes citados, figuran cifras actuales en España del transporte por carretera, por ferrocarril, por vía marítima y por vía aérea, en esta última contando sólo los reducidos años de experiencia con escaso material. Aparecen así, más o menos, 110.000.000 de viajeros en ferrocarril, 1.500.000 de viajeros en barco y 76.000.000 por carretera; números que representan claramente la influencia de los recorridos cortos, servicios llamados de cercanías, en el ferrocarril y en la carretera, puesto que los 110.000.000 de viajeros del ferrocarril, corresponden tan sólo a 7.291.000.000 de pasajero/Km., lo que da un recorrido medio por viajero de tan sólo 54 kilómetros. Por vía aérea, en cambio, aparece en 1948 la cifra absoluta de 400.000 viajeros, pero con un recorrido medio de 800 Kms., lo que equivale a 320.000.000 de pasajeros/Km., con solamente cuatro aeródromos abiertos al tráfico internacional, y una flota comercial española de sólo 33 aviones en servicio. En el año 1943, los aeropuertos españoles registraron solamente 7.968 movimientos de aviones (aterrizajes y despegues), con 46.296 pasajeros (entradas y salidas, sin contar tránsito), y escasamente 2.000 Tm. de carga; en el año 1948, las cifras respectivas se transforman en 32.989 movimientos de avión, 408.204 pasajeros. En cuanto a la carga, en 1948 se registraron 4.840 Tm., pero es de notar en este aspecto que en dicho año aún no se habían iniciado transportes de carga propiamente dichos, como lo fueron en 1949; solamente en el aeropuerto de Barajas, en 1949, se registraron más de 5.000 tm. Si aplicamos el mismo ritmo de crecimiento hasta el año 1955, y suponemos que en este año se llega a una relativa estabilización y que el ritmo se hace más lento hasta 1960, podremos hacer una estimación del potencial del tráfico para este último año. Resultaría así que en 1960 —tomando diez años como plazo para la fijación y desarrollo de la política aérea— puede aspirarse en los aeropuertos españoles a 200.000 movimientos de aeronaves (aterrizajes y despegues y transporte de alrededor de 4.000.000 de pasajeros (entradas y salidas, sin tránsito), y 200.000 Tm. de carga en sus diversas especies. Finalmente, puede estimarse también, que la aviación privada, si encuentra estímulo para ello, se desarrollará de forma tal que para 1960 podrán existir 2.000 aviones, y que llegará en 1965 a la cifra de 5.000 aviones.

6) La compartimentación interior española.

Si en un orden diferente de consideraciones ha podido ser una ventaja la característica compartimentación española en regiones de personalidad diferente, no hay duda de que tal compartimentación no ha favorecido hasta ahora el transporte. No es esta ocasión oportuna ni por su extensión cabría desarrollar aquí, con detalle, el tema de las dificultades que la compartimentación geográfica de la Península Ibérica introduce en el desarrollo del transporte de superficie. Sin embargo, es tema que no puede dejarse en olvido cuando se trata del transporte aéreo, porque, a todas las razones anteriores que apoyan el desarrollo del transporte aéreo —razones de la situación general de España en las rutas aéreas y del potencial humano y económico de España para tal transporte— hay que añadir el hecho concreto de que la aviación en nuestro país puede entablar competencia cierta con el ferrocarril y la carretera y con el cabotaje de barcos, aún para distancias relativamente cortas, por causa de los obstáculos que en España se presentan para trazar una red económica de carreteras y de ferrocarril, así como para unir rápidamente por vía marítima regiones de actividad económica complementaria.

En el Cuadro núm. 39 se compara el tiempo que es necesario emplear por avión o por transporte de superficie, para trasladarse entre dos ciudades que tienen entre sí evidente necesidad de una comunicación lo más rápida y constante posible. Se ha elegido Madrid como uno de los terminales, porque de la organi-

CUADRO NÚM. 39

COMPARACIÓN DE TRANSPORTE EN ALGUNOS RECORRIDOS ESPAÑOLES

TRAYECTOS	FERROCARRIL (trenes expresos)				BARCO			AVIÓN	
	Duración	Precio (Ptas.)			Duración	Precios camarote doble	(Ptas.) camarote cuádruple	Duración	Precio (Ptas.)
		1.ª Clase	Cama doble	Cama individual					
Bilbao-Barcelona	14 h.	354,70	526,25	—	—	—	—	2 h.	447,35
Bilbao-Madrid	11 h.	330,65	552,25	608,95	—	—	—	1 h.	313,85
Madrid-Barcelona	14 h.	353,10	524,65	610,60	—	—	—	2 h.	370,00
Barcelona-Palma	—	—	—	—	10 h.	163,00	125,00	1/2 h.	155,00
Barcelona-Valencia	9 ½ h.	195,50	290,30	—	31 h. (1)	146,10	146,10	3/4 h.	220,00
Madrid-Zaragoza	7 h.	182,25	272,10	315,00	—	—	—	1 h.	250,20
Zaragoza-Barcelona	7 h.	182,25	272,10	315,00	—	—	—	1 h.	259,10
Bilbao-Zaragoza	7 h.	182,25	272,10	—	—	—	—	1 h.	241,30
Madrid-Valencia	8 h.	244,35	353,45	—	—	—	—	1 h.	220,00
Valencia-Palma	—	—	—	—	10 h.	169,65	169,65	1/2 h.	190,00
Madrid-Alicante	12 h.	239,60	365,50	—	—	—	—	1 1/4 h.	336,10
Madrid-Málaga	15 h.	325,50	485,20	—	—	—	—	2 h.	416,20
Madrid-Sevilla	12 h.	334,65	515,90	570,25	—	—	—	1 3/4 h.	305,00
Madrid (Cádiz)-Las Palmas	16 h.	394,65	a lo que debe sumar		3 días	1.000,00	—	= 6 h.	1.395,00
Madrid-Logroño	9 h.	270,55	389,00	447,25	—	—	—	1 h.	245,80

(1) Con escala en Tarragona.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NÚM. 40

COMPARACIÓN DE RECORRIDOS EN DIVERSOS MEDIOS DE LOCOMOCIÓN

RUTAS	En coche cama doble		En barco camarote 2 y 4		TOTAL		En avión	
	Precio Ptas.	Tiempo	Precio Ptas.	Tiempo	Ptas.	Tiempo	Precio Ptas.	Tiempo
De Madrid a:								
Lisboa-Nueva York	599	13 h.	8.750	14 d.	9.349	14 d. 13 h.	9.190	18 h.
Cádiz-Buenos Aires	541	14 h.	16.400	16 d.	16.941	16 d. 14 h.	12.505	36 h.
Port Bou-Roma	1.548	2 d. 11 h.			1.548	2 d. 11 h.	1.700	44 ½ h.
Barcelona-Roma	599	15 h. 15	1.500	23 h.	2.089	1 d. 14 h.	1.700	4 ½ h.
Hendaya-París...	1.052	18 h.			1.052	18 h.	1.305	4 ½ h.
París-Londres...	1.542	23 h.			1.542	23 h.	1.700	5 h.
Ginebra	1.335	33 h.			1.335	33 h.	1.400	4 h.
Lisboa	599	13 h.			599	13 h.	700	2 h.
Vigo-Habana	618	15 h.	13.200	18 d.	13.818	18 d. 15 h.	10.712	22 h.
Vigo-Méjico	618	15 h.	13.642	23 d.	14.260	23 d. 15 h.	11.707	27 h.

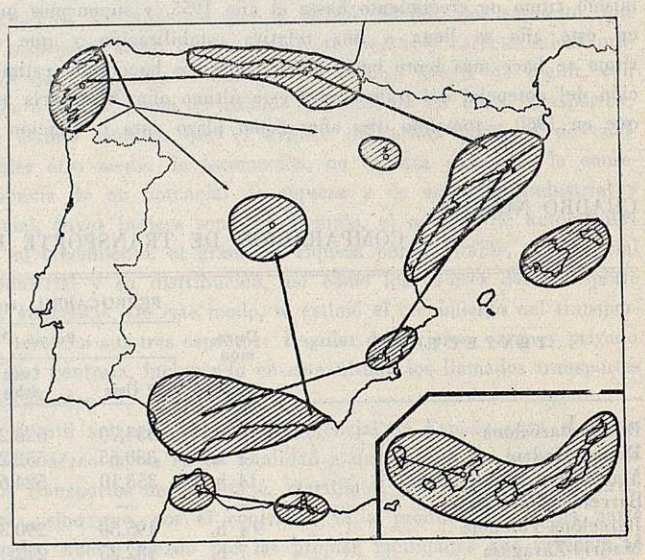
zación política y administrativa de España es forzoso deducir un sistema radial de comunicaciones, sea cualquiera el medio de transporte que se elija. Pero se ha establecido también comparación entre otras comunicaciones diferentes, por ejemplo, las de la región catalana con la vizcaína y con la gallega, las naturales de lo largo del Levante español y, finalmente, las de carácter mixto, como son las que nos unen a Baleares y a Canarias. La lectura simple de esos cuadros indica el beneficio que del transporte aéreo puede obtenerse. Las dificultades de todo género (pero, principalmente, nacidas de nuestra geografía) con que se encuentran los transportes por carretera y por ferrocarril, permiten todo término de comparación, como es el de costo del billete, que se hace para algunos trayectos en el cuadro núm. 39, por el que se ve que el transporte aéreo puede hoy competir ventajosamente con los transportes ferroviarios, a partir de 1.ª clase.

Existen ya muy diversos métodos de trabajo para calificar en un país lo que se entiende por regiones generadoras de tráfico aéreo. Hemos tomado a la vez los métodos del Instituto Francés del Transporte Aéreo y los del Profesor Van Zandt, de los Estados Unidos, y el resultado es el que se refleja en el Gráfico núm. 40, donde están señaladas las zonas generadoras de tráfico, así como las líneas de comunicación que hoy día están deficientes servidas, o que, al menos, son causa de lentitud en los transportes. Los resultados son los esperados por evidentes para cualquiera que se ocupe de materias ecnómicas. Las producciones naturales e industriales, por ejemplo de Galicia y Cataluña, son, en general, complementarias; sin embargo, hasta ahora el transporte por carretera o por ferrocarril estaba obligado a recorridos excesivamente largos, y, por ello, costosos, mientras que el de cabotaje marítimo obliga a excesiva dilapidación de energías. Ésta puede ser la justificación del hecho hoy fácil de advertir, de que en esas dos regiones, como en otras varias, se tiende a la autarquía de producción, desarrollando en ellos pequeñas industrias que no eran habituales en la región; las provincias vascongadas son un típico ejemplo de este proceso. Sin embargo, esta dispersión de una misma actividad productora, en pequeñas industrias muy separadas, no favorece, ciertamente, ni el volumen ni el precio del producto.

No se sostiene aquí que el transporte aéreo haya de ser panacea indiscutible para resolver los defectos de nuestra red viaria, defectos inherentes a nuestros obstáculos geográficos, pero es obligado pensar, dentro de la tónica general de la evolución del transporte, que todo medio nuevo que presente nuevas facilidades ha de contribuir a la solución de los problemas viejos y a la apertura de mercados nuevos. Esto es aplicable, por ejemplo, al transporte aéreo de carga, que, por el momento, parece insignificante al compararlo con el de superficie, pero que en el futuro puede adquirir importancia considerable. En definitiva, todos los transportes comenzaron por viajeros y sólo poco a poco llegaron a la carga en grandes masas; cuando comenzó la navegación marítima de vapor, más o menos en 1830, creó la British and American Steam Company el primer servicio regular trasatlántico, que se nutrió casi exclusivamente de viajeros; no parecía entonces que el barco de vapor sería compatible con el flete de car-

CUADRO NÚM. 40

Compartimentación económica española



FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ga. El primer barco de carga no comenzó hasta 1865, porque hasta entonces los gastos de explotación obligaban a que la carga sólo pudiera trasladarse como un complemento de los pasajeros, que proporcionaban el principal ingreso; la carga entonces se trasladaba fundamentalmente en navíos veleros, pero hoy en día, en el mundo, el transporte marítimo de mercancías es aproximadamente dos mil veces mayor que el transporte marítimo de viajeros. En el caso del ferrocarril sucede de manera semejante; el transporte de mercancías sólo aparece hacia 1850, y en el momento presente el tráfico de viajeros es sólo 1/50 del de mercancías. En la carretera, los automóviles no se utilizaron hasta después de la guerra de 1914 para transporte de carga, en forma industrial, pero hoy el transporte por carretera supone en países como en Francia, sólo la quinta parte del transporte total de carretera, lo que corresponde al 80 % a la carga. Un estudio del Instituto Francés del Transporte Aéreo, señala que las ventajas intrínsecas del transporte aéreo de mercancías frente al transporte de superficie, son las siguiente:

a) La posibilidad de transportes urgentes, que se necesita particularmente allá donde hay regiones poco explotadas o relativamente carentes de medios de comunicación;

b) La aceleración de intercambio y, por ello, la reducción de precios, no sólo por el ritmo más acelerado de circulación y trabajo a que se somete a un mismo capital, por un intercambio más rápido, sino también por la posibilidad de reducir notablemente los almacenes, y, por ello, ahorrar capital inmovilizado. Ambas consideraciones conducen a la realidad de que una mayor actividad en el intercambio de productos, por mayor velocidad del transporte, produce disminución en el precio de la mercancía, particularmente en zonas alejadas del centro de producción de las materias de que se trate;

c) Regularización de los mercados y consiguiente abaratamiento de productos momentáneamente escasos, de lo que puede ser ejemplo lo ya sucedido con los plátanos, que en pocos años se han transformado de un producto de lujo en un producto de consumo popular, gracias a la utilización de barcos fruteros;

d) El transporte sin rompimiento de carga, es decir, con ahorro de carga y descarga, evitando el cambio de medios de transporte, por reducción del seguro y por disminución de posibilidades de robo;

e) Transporte frigorífico, logrado de una manera fácil para productos como fruta y pescado, que de otra manera necesitarían barcos o vagones de ferrocarril, costosos y construídos especialmente como frigoríficos, mientras que en el transporte aéreo el problema puede resolverse por el vuelo a una altura conveniente.

A éstas, que son ventajas intrínsecas del transporte aéreo, unamos también las inherentes al progreso técnico, particularmente en lo que se refiere a la reducción del costo de explotación, por el proyecto y construcción de aviones especiales para carga y aviones mixtos para carga y pasaje.

Todas estas consideraciones internas, debidas a la especial configuración y estructuración españolas, nos hacen sentirnos aún más optimistas en lo que se refiere al potencial de tráfico en España, particularmente si se atiende al hecho evidente de que hoy nuestro país está mal servido en cuanto al transporte se refiere; falta, en general, oferta de transporte frente a la demanda; existen, además, zonas deficientemente servidas, sea por la escasez de medios de locomoción, sea porque el transporte de superficie tiene recorridos excesivamente largos. Ambos hechos pueden ser motivo del marasmo industrial y económico de algunas regiones; su resolución procurará socialmente mejora apreciable en el tipo de vida de la población de esas mismas regiones.

7) PLAN GENERAL DE COORDINACIÓN DEL TRANSPORTE.

A la vista de lo que el transporte aéreo significa, como novedad en el campo de los medios de locomoción y analizadas, aunque muy brevemente las posibilidades españolas, cabe formular los rasgos generales de lo que podría constituir un plan de coordinación. No será posible, sin embargo, entrar en amplios detalles que nos llevarían a una exposición excesivamente larga; ni tampoco parece necesario. El plan se limita al enunciado de rasgos, que podrían servir de base a una meditación más detenida.

I. La coordinación no debe perseguir fórmulas rígidas que deformen el desarrollo natural de cada medio de transporte; debe, por el contrario, levantar el estímulo de competencia que busque fórmulas técnicas y económicas adecuadas. Aunque ya maduro, el avión —en pleno período evolutivo— irrumpe en el campo del transporte como una relativa novedad; en cierto modo es un medio revolucionario y necesita todavía tiempo y campo de acción para llegar a su estabilización. Desarrolla consigo tráfico propio no sólo de nuevo aspecto como es el de largas distancias, que se pone de manifiesto en el aumento de 40 % en el total de pasajeros trasatlánticos entre 1945 y 1948, sino también en pequeñas distancias como lo prueba el 200 % de aumento en el tráfico aéreo doméstico español sin merma considerable de los transportes por ferrocarril o por carretera. Ninguna razón abona la conveniencia de encerrar cada medio de transporte en fórmulas estrechas de actuación; todos pueden coexistir y, en definitiva, la disminución de actividad de uno en beneficio de otro, cuando aparece por ley natural no es novedad en la historia del transporte, ni ha sido motivo de lamentación en orden al progreso. La aparición de otros medios no ha hecho desaparecer al velero en el mar, o a la carreta, aunque sí restringirlos en esferas adecuadas, pero no se lamenta hoy, en el orden económico y social, la substitución de la diligencia por el autobús o por el ferrocarril.

II. La coordinación no debe perseguir otros fines que el mejor beneficio del usuario, del servicio público, así como la adecuada proporcionalidad de apoyos y de medios financieros por parte del Estado. Entre el ferrocarril y la carretera, esto ha venido haciéndose; entre ambos medios y la navegación marítima no existe fundamental disputa. Es el avión —superponiéndose a todos— quien obliga a meditar el tema. Pero es preciso no perder el horizonte de lo esencial, ofuscados por lo accesorio; lo esencial es el transporte en sí, su función social, la fuente de riqueza que representa; lo accesorio es el medio con que se desarrolla, que sólo toma fuerza cuando contribuye a llenar mejor la función social, económica o política del transporte. Debe por ello cuidarse con reserva la clasificación de los medios de transporte en casilleros rígidos, en compartimentos estancos, pues si bien ello es útil —y aún accesorio— en cuanto a la técnica y a la preparación de los elementos, puede,

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

en cambio, dar lugar a confusiones y errores si no se parte de un planteamiento de conjunto esencialmente social y económico.

III. La coordinación puede desarrollarse en los dos aspectos siguientes:

a) En lo que atañe a la Administración, determinando preferencias —pero no exclusivas— en la concesión de subvenciones, ayudas indirectas o contratos especiales, según esferas de influencia determinadas por la mayor o menor utilidad específica de cada medio de transporte o por la oportunidad de tomar posiciones en lo que se refiere a la política exterior.

b) En lo que atañe al público, organizando servicios centrales de información y venta de billetes, coordinación de horarios y posibilidad de viajes y transportes combinados de puerta a puerta, así como la de romper viaje, con estancia en etapas intermedias. En diversas ciudades, como París, Londres, Nueva York se han instalado hace tiempo «terminales aéreos» donde se reúnen representaciones de todas las empresas aéreas y donde se concentra la salida de viajeros; el resultado ha sido excelente, tanto para el público como para las propias empresas, y no es excesivo suponer que el mismo resultado había de conseguirse con la reunión de los diversos transportes.

IV. Un método primario, pero útil, para definir esferas de influencia puede encontrarse en el tiempo comercialmente perdido con cada transporte. No debe entender «esfera de influencia» un campo de acción acotado o reservado, sino simplemente más adecuado para la economía del medio de transporte de que se trate, al que debe estimularse; en tal concepto las esferas de influencia son revisables y varía con la evolución técnica del propio medio de transporte. Por otra parte, para el turismo y para los viajes de carácter privado o por especial contrata, no existen propiamente campos de acción específicos, sino que la elección del medio de transporte dependerá en cada caso de muchos aspectos particulares, objetivos y subjetivos. Sobre esta idea la antigua Sociedad de las Naciones, más o menos en 1932, estudió una posible clasificación estimando que el avión no podría competir con los medios de superficie, tren o barco, en etapas que pudieran recorrerse cómodamente en cama y en una noche, es decir, sin pérdida de tiempo comercial. Desde entonces han cambiado substancialmente los precios del transporte aéreo y su velocidad, derribando aquella clasificación. Nuestro punto de vista se aproxima más al de la actual política aérea inglesa, que propugna el uso del avión a partir de 150 millas; pero entendemos que esto depende de las condiciones geográficas del país y de los obstáculos que presentan a los transportes de superficie, pues, en definitiva, no se trata de distancias, sino de tiempos empleados en recorrerlas. Deducimos así:

1.º En recoridos totalmente sobre el mar, avión y barco coexisten para distancias de alrededor de 200 kilómetros (una noche de navegación marítima) sin que haya categórica preferencia. En distancias mayores el avión puede aspirar al 70 % del pasaje de primera clase y al 50 % de clase turista por el tiempo de duración del viaje, por el precio y por la posibilidad (en viajes muy largos) de organizar etapas cómodas (en el viaje actual Madrid-Manila vía aérea, se interrumpe en dos etapas para descansar por la noche en excelentes hoteles, que incluso estimulan el turismo). (En 1949, el 58 % de todos los viajeros que entraron o salieron de los EE. UU. por el Atlántico, lo hicieron por vía aérea). En distancias entre 200 y más o menos 50 kilómetros, el avión domina igualmente. En distancias menores el barco debe de ser preferible.

2.º En recorridos totalmente sobre tierra los servicios de cercanías y de dispersión hasta más o menos 150 kilómetros encuentran adecuado servicio en el ferrocarril y en el autobús. Desde esa distancia en adelante el avión presenta ventajas y puede aspirar al 60 % de los viajeros de primera clase y al 30 % de los de segunda, salvo recorridos de una noche en tren, en los que no hay categórica preferencia. (La decisión de algunas empresas aéreas de introducir en avión los billetes de segunda clase —a base de aviones muy modernos con gran capacidad de carga— está revolucionando la competencia con los transportes de superficie. En el recorrido Los Angeles-San Francisco, de 560 kilómetros, el avión ha transportado, en 1949, el 43,1 % del total de viajeros frente al 27,6 % en 1948, mientras que las cifras en los mismos años son para el ferrocarril 32,7 % y 44,4 %, respectivamente, y para el autobús 24,2 % y 28 %). Para recorridos mayores de veinte horas en ferrocarril o carretera, el avión puede aspirar al 80 % de los viajeros de primera clase.

3.º En recorridos complejos donde sea necesario romper viaje y cambiar de medio de locomoción, por ejemplo, recorridos mixtos de tierra y mar, o en recorridos con varias fronteras, el avión domina en absoluto el transporte de viajeros. Cuadro número 40.

4.º En cuanto al transporte de carga hay que distinguir tres clases: Para el correo, cuyo principal fin es la pronta entrega, el avión presenta el mejor servicio. El equipaje de viajeros de avión (en exceso sobre el tolerado en billetes) puede ser cedido a los transportes de superficie, cuando se trata de grandes pesos y volúmenes. Constituye este aspecto una buena posibilidad de coordinación y de transportes combinados. Finalmente, para el transporte de mercancías en grandes masas, aun a grandes distancias, los medios más adecuados están en los transportes de superficie; barco, cuando lo permite la naturaleza del viaje, y ferrocarril o carretera, según el estado y capacidad (frente a la demanda) de la red viaria, con preferencia para el primero. Sin embargo, para ciertas clases de mercancías, a partir de recorridos que puedan poner en riesgo la integridad de la carga, o también para recorridos internacionales o de varios rompimientos de viaje, el avión va ocupando un lugar, y por ello puede estimarse que de encontrar estímulos para ello puede aspirar al 5 % del transporte total de mercancías.

V. Debe estimularse la competencia sana entre los diversos medios como base para justificar sus posibilidades reales y la preferencia del interés público. Debe evitarse, en cambio, toda competencia abusiva que tienda a poner en riesgo la pervivencia natural de un medio de transporte; no deben, por ello, autorizarse explotaciones que no tengan base económica en su planteamiento. La inspección técnica, de seguridad, debe coincidir con una inspección económica para comprobar que, garantizados todos los elementos técnicos, el precio unitario del transporte, sea cualquiera el medio, está en concordancia con el costo de explotación.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

El estímulo incluye subvenciones y ayudas, que pueden ser indispensables —y aconsejables como medida de buen gobierno— en el período de establecimiento y adaptación de un servicio. Las subvenciones o ayudas deben, por ello mismo, responder a razones económicas, políticas o de interés público, nacidas del desarrollo y explotación natural de tal medio de transporte. Son preferibles ayudas indirectas, por ejemplo, concesión de correo, contratos especiales, primas por exportaciones.

La competencia no excluye una relativa cooperación financiera, entre los elementos habitualmente interesados en otros medios de transporte, siempre y cuando se garantice que el medio no se transforma en un fin por sí mismo. La Administración puede influir en ello, concediendo las explotaciones de servicios por concursos, en los que se oigan las alegaciones de la parte que pueda resultar danada. De este modo, la cooperación financiera intervenida por la Administración puede ser motivo de coordinación, sin perjuicio del interés público. (En los Estados Unidos, por ejemplo, estuvo muy extendida, incluso en elementos de Gobierno, la creencia de que el desarrollo de los transportes aéreos podía ser voluntariamente frenado si intervenían en su financiación empresas marítimas o de ferrocarriles. Aparte de los ejemplos en contra que pueden encontrarse en otros países, en los Estados Unidos, la llamada Comisión Fiuleter para el estudio de la política aérea, se pronunció, en 1948, en sentido de que «debe evitarse que dominen los transportes aéreos elementos rivales, pero no debe de ningún modo negarse intervención a aquellos transportistas de superficie que desean ampliar sus actividades con el transporte aéreo, por considerar a éste parte integrante de un servicio combinado»).

VI. Finalmente, el reparto de las posibilidades presupuestarias del país aconseja examinar paralelamente los programas de la Administración para los diversos medios, de tal modo que prácticamente pueda estimarse si existe equilibrio considerado el problema en su conjunto, es decir, buscando satisfacer las necesidades generales del transporte en un crecimiento y desarrollo de sus diversos órganos, de acuerdo con las posibilidades técnicas y económicas de cada uno. Las normas básicas pueden deducirse de las esferas específicas de influencia. El presupuesto así repartido en bloque sería después más provechoso si en su aplicación se concentrará el esfuerzo en las obras de importancia básica buscando terminarlas o asentarlas, en el plazo más breve posible.

El propósito básico pudiera consistir en la determinación de un esqueleto fundamental, de reducido número de líneas o rutas, tanto por aire como por tierra, que determinara la creación de centros especiales de tráfico (aeropuertos y puertos marítimos), que proyectaran el transporte al exterior; alrededor de esos centros, en número reducido, otras redes más densas de dispersión y alimentación, aéreas y terrestres, crearían nudos secundarios; finalmente, otra nueva red, especialmente terrestre. Una vez que se fijaran los rasgos esenciales de tales redes, parece aconsejable que su ejecución se haga por sectores completos (ya que las tres redes son entre sí solidarias y complementarias), mejor que dispersar el esfuerzo corriendo el riesgo de no resolver bien ninguno de los problemas en plazos económicamente adecuados.

Tercera parte

FACTORES ECONOMICOS Y DE SEGURIDAD

8) LAS AERONAVES.

El estudio de los factores económicos y de seguridad lo limitamos, por las razones de brevedad antes expuestas, a aquellos elementos que de manera muy directa influyen en la economía y en la seguridad del transporte aéreo, examinándolos sólo en cuanto se refiere a su desarrollo en España. Estos elementos técnicos son esencialmente tres: aeronaves, rutas y aeropuertos. De ellos, los primeros —especialmente las aeronaves y algunas ayudas electrónicas para la navegación—, evolucionan con tal rapidez que cambian substancialmente en plazos de cuatro a cinco años; es ésta la causa principal por la cual no ha encontrado aún su período de estabilización el transporte aéreo, de modo que esa constante mejora de los medios de trabajo permite esperar en el futuro próximo un progreso substancial en la explotación y rendimiento del transporte aéreo. Cualquier examen de esas mejoras, por muy superficial que sea, advierte inmediatamente que las cifras presentes y pasadas no son por completo aclaratorias de lo que debe esperarse en el futuro próximo.

El cuadro núm. 41 indica la evolución sufrida por las aeronaves de transporte comercial a lo largo de los últimos quince años, tomando sólo aquéllas que tuvieron en su época mayor prestigio y empleo. Se han tomado como cifras características las de velocidad, carga útil, radio de acción y consumo (o mejor dicho, potencia) por entender que son las que de manera inmediata obran sobre la economía del transporte. La simple lectura del cuadro pone de manifiesto las razones por las que el transporte aéreo trasatlántico no se ha desarrollado hasta los años recientes. Se han agregado también algunas referencias de aviones que hoy se encuentran en período de prueba para poner de manifiesto que con la mismo tónica, es de esperar que de aquí a diez años, el transporte trasatlántico sea tan elemental y breve como hoy lo es el transporte entre naciones en Europa.

El cuadro aneriormente citado marca la tendencia mundial dada por los constructores de aviones. Para mayor claridad, en el cuadro núm. 42 figuran algunos aviones actuales, clasificados por la naturaleza del servicio más adecuado para ellos. Se parte para esto del hecho concreto de clasificar el transporte aéreo en cuatro grandes grupos: el primero lo constituyen los largos vuelos para salvar grandes espacios que no son de por sí generadores de tráfico, como por ejemplo, espacios oceánico (Atlántico) o desérticos (Sáhara), los cuales necesitan forzosamente aviones de tonelaje relativamente grande; el segundo lo constituyen los recorridos relativamente cortos que sirven, incluso con diversidad de tapas zonas naturales generadoras de tráfico, pero situadas en países diferentes, como son, por ejemplo, la mayor parte de los países europeos que por sus dimensiones relativamente reducidas son fácilmente salvables para lo que bastan aviones de tonelaje mediano, pero de una gran calidad porque están sujetos a fuerte competencia internacional; el tercer grupo lo constituyen los servicios normales de cabotaje, es decir, que unen lugares de un mismo país, y que en España, salvo contadas excepciones, se traduce en recorridos medianos y cortos, para los que bastan aviones de redu-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NÚM. 41

EVOLUCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AVIONES DE TRANSPORTE

(De Jane's 1946 y anteriores)

Año	Tipo de avión	Potencia de crucero (c. v.)	Peso total (Kgs.)	Carga útil (Kgs.)	Radio de acción (Km.)	Velocidad crucero 20 (Km/h)	Carrera despegue (ms.)	Carrera aterrizaje (ms.)
1934	Douglas D. C.-2	—	8.260	2.250	1.100	200	800	650
1934	Junker-52	1.350	9.900	2.500	1.300	220	600	400
1938	Douglas D. C.-3	1.440	11.400	3.800	2.250	330	600	450
1938	Havilland Dove	414	3.860	850	650	270	350	180
1938	Miles Aerovan	—	2.450	530	650	180	200	150
1943	Douglas D. C.-4	3.480	33.140	15.500	4.200	380	950	—
1945	Bristol Freigther..	2.040	18.100	5.000	1.330	360	850	650
1945	Vicking	—	15.420	4.980	2.750	338	—	—
1945	Hermes V	5.496	37.200	15.700	4.800	480	1.280	1.060
1948	Douglas D. C.-6	5.040	42.270	21.000	7.160	430	1.350	—
1948	Super Constelation... ...	6.000	43.600	22.000	8.800	500	1.060	860
1948	Constitution	8.400	83.540	44.260	9.600	450	1.320	800
1948	Stratocruiser	8.400	61.290	25.370	6.700	540	1.650	1.720
1948	Convair 240	2.880	19.000	6.000	1.200	480	—	—
1948	Dessault 316	990	6.200	1.500	700	320	550	400
1950	Gloster Meteor (reacción)	—	6.350	1.800	800	800	720	850

CUADRO NUM. 42

CARACTERÍSTICAS DE AVIONES REPRESENTATIVOS DE TIPOS DE TRANSPORTE

Tipo de transporte	Tipo de avión	Peso total Kgs.	Velocidad Km/h	Radio de acción Km.	Carrera despegue ms.
Trasatlántico y transcontinental ...	Superconstelation	43.600	500	8.800	1.100
Trasatlántico y transcontinental ...	Constitution	83.540	450	9.600	1.720 (1)
Internacionales europeos	Convair 240.	19.000	480	1.200	1.100
Nacionales de dispersión de tráfico.	D. C.-4	33.140	380	4.200	950
Nacionales mixtos de carga y pasaje.	Bristol 170	18.100	360	1.330	850
Locales	Dassault 316	6.200	320	700	550

(1) Corresponde al Stratocruiser, mayor que la del Constitution.

cido tonelaje y de calidad no excepcional porque, según la reglamentación internacional, el cabotaje no está sujeto a competencia entre servicios aéreos de diferentes países, sino que se reserva a las empresas nacionales; finalmente, el cuarto grupo lo constituyen transportes privados o de «taxi», en los que no se trata de captar gran masa de carga y bastan por ello pequeños aviones de turismo. Con arreglo a esta clasificación pudiera definirse una política; hemos entendido preferibles como punto de partida recurrir a experiencia ajena y transcribimos a continuación los puntos esenciales, en lo que al material se refiere, de la política inglesa tal como fué enunciada por la Dirección de Planes y Programas del Ministerio de Aviación Civil de dicho país.

«El progreso de los aviones debe buscar aumento de velocidad a más bajo costo, reduciendo resistencias aerodinámicas y mejorando los consumos de combustibles. Por otro lado, los gastos y retrasos ocasionados por defectos mecánicos son hoy demasiado altos y frecuentes en la mayor parte de los aviones.

En los aviones tiene especial significación el desarrollo del motor. Cada tipo de motor tiene su correspondiente esfera de mejor utilización con el detalle que sigue:

a) El motor normal alternativo es útil, salvo para distancias muy largas. Su uso más económico está hasta alturas de 25.000 pies, velocidades de 350 millas y distancias no mayores de 2.000 millas.

b) El motor alternativo «Compound» es más útil que el anterior para muy largas distancias, superiores a 2.000 millas, en alturas hasta 35.000 pies y velocidades de 400 millas.

c) El turbopropulsor (hélice y turbina) es especialmente útil para medias distancias, en altura hasta 35.000 pies y velocidad de 425 millas. Este motor suplantará al alternativo, salvo en muy cortas o en muy largas distancias; pero necesita notable progreso en la regulación de la circulación aérea. Quizá por su relativamente pequeña utilización militar este tipo no ha tenido en su experimentación el apoyo que convendría.

d) El turborreactor es el más recomendable hoy para moderadas distancias a velocidades inmediatamente subsónicas, no menores de 450 millas/hora y alturas no menores de 30.000

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

pies. En el futuro inmediato este tipo de motor no parece aconsejable para distancias menores de 300 millas o mayores de 20.000 millas; su desarrollo, sin embargo, depende de que la regulación del tráfico permita obtener aterrizajes a gran velocidad y a fuerte ritmo.

e) El reactor con quemadores en el difusor debe considerarse (dentro de las velocidades subsónicas) solamente como ayuda del despegue. Será útil para velocidades superiores a 650 millas en alturas de 50.000 pies y también para velocidades supersónicas.

f) La tobera termopropulsora pertenece a los hoy todavía sueños de velocidades supersónicas, alrededor de las 2.200 millas de velocidad, a 50.000 pies de altura, para distancias de alrededor de 1.000 millas.

g) El cohete es, por ahora, el grado más alto en la velocidad del transporte. Si su desarrollo se formaliza, aun dejando aparte las utilizaciones interplanetarias, puede dar lugar a que cualquier punto de la superficie terrestre pueda ligarse con cualquier otro en menos de una hora y con costo económico.

Los tipos y tamaños de aviones tienen igualmente sus esferas de utilización como sigue:

a) El helicóptero de tamaño no menor de diez asientos encontrará su aplicación en distancias entre 50 y 200 millas, particularmente si en el recorrido se mezclan tierra y mar. Es de esperar un desarrollo útil del helicóptero durante los próximos diez años.

b) Pequeños aviones de alas son, en general, incapaces de competir con los transportes de superficie para distancias menores de 150 millas, salvo en aquellos lugares donde haya que cruzar trozos de mar, montañas o cualquier otra barrera geográfica. Más allá de 150 millas de distancia el avión demuestra ventajas cada vez en aumento sobre los transportes de superficie; la propulsión por turbinas introducirá, además, notables reducciones de costo operativo.

c) Aviones de distancias medias y largas representan hoy el desarrollo más importante. Por el momento, a mayores distancias se requieren mayores aviones; para recorridos transoceánicos se requieren hoy entre 100.000 y 300.000 libras de peso, y aún prosigue la tendencia a aumentar de tamaño; pero el aumento de carga de pago relativamente al peso total tenderá a reducir el tamaño de los aviones. Para distancias inferiores a 1.500 millas la mejora de carga de pago es condición preferente a la mejora de la velocidad.

Uno de los factores más importantes que contribuyen a operaciones económicas consiste en emplear cada avión en las rutas cuyas etapas estén de acuerdo con el tipo del avión. Aviones de 100.000 libras de peso se recomiendan hasta 1.750 millas de recorrido, mientras que para 3.000 millas convienen los aviones de 300.000 libras. (La economía del transporte en una red compleja exige, por lo tanto, la subdivisión de ésta en rutas truncales, rutas de distribución y alimentación y rutas elementales.)

El estudio de esas conclusiones de la política inglesa nos permite fijar de modo muy aproximado la tendencia mundial en cuanto al empleo de aeronaves. En este bosquejo de política aérea viene como inmediata cuestión, cual es la orientación que conviene dar a la industria nacional para atender, en lo posible, a la demanda de aviones. En las aeronaves para servicios internacionales la respuesta es relativamente difícil, puesto que por desgracia nuestra industria aeronáutica no alcanzó aún desarrollo suficiente para resolver la construcción de aeronaves que puedan competir con las de países, como Estados Unidos o Inglaterra, mucho más adelantados. Es dudoso también que el volumen de aeronaves españolas necesario en los próximos diez años para el transporte comercial internacional baste a justificar en nuestra industria el considerable esfuerzo técnico y económico que supone la fabricación de prototipos nacionales. Sin embargo, si a las necesidades de la aviación comercial se unen las de la aviación militar, encontramos fácilmente una respuesta afirmativa en el sentido de estimular lo más posible a nuestros técnicos y a nuestras industrias, partiendo de hecho indudable de que nunca tendremos aeronaves de primera fila, en el momento oportuno para la competencia, si somos totalmente tributarios del extranjero.

Por el contrario, si nos fijamos en los grupos tercero y cuarto de la clasificación antes hecha, es decir, en los servicios de cabotaje y en los de turismo, la respuesta es relativamente fácil. Ambos servicios están menos coaccionados que los internacionales, por la competencia de productos de primera calidad; en el cabotaje sólo se admiten empresas nacionales, con tarifas que no se regulan como las exteriores por Asociaciones Internacionales (I. A. T. A.), sino por simples conveniencias nacionales de interés público, y por ello puede admitirse el uso de aeronaves que se hayan quedado fuera de moda hace algunos años; en la aviación de turismo el hecho resulta aún más evidente. Por otra parte, ambos tipos de utilización tienen campos de acción relativamente grandes; los de cabotaje son útiles para el transporte de tipo militar y para adiestramiento de Unidades Aéreas; las de turismo, para las Escuelas de pilotaje. Estos dos tipos son, en consecuencia, los más adecuados para que la industria nacional pueda obtener inmediata compensación económica a su esfuerzo, mientras prepara su personal y sus talleres para intentos superiores, acortando así el retraso que por falta de medios tiene actualmente con las industrias de otros países. Ejemplo de que esto es posible nos lo dan algunos tipos de aviones de fabricación nacional, ya logrados en diversas épocas, de los cuales se da breve referencia, ni mucho menos exhaustiva, en el cuadro núm. 43.

El examen de las aeronaves que actualmente se utilizan en el transporte aéreo comercial y de la tendencia mundial para su evolución nos lleva, por lo tanto, a dos tipos de conclusiones diferentes. Una es el análisis de características de las aeronaves, que deben lícitamente preverse en España en un período de diez a quince años, las cuales determinarán, a su vez, las características fundamentales de los aeropuertos y de las ayudas de navegación a lo largo de las rutas aéreas. Otro tipo de conclusiones es el de la política que debe seguir España en materia industrial para que en dicho período de más o menos diez a quince años, se construyan aeronaves españolas que permitan acortar la competencia que hoy pueden establecer productos extranjeros. Ambos se mencionan a continuación, por separado.

En lo que respecta a las aeronaves, nacionales o extranjeras, cuyo vuelo sobre España habrá de conformar nuestras rutas y aeropuertos, cabe resumir como sigue:

A) En la actualidad, y en los próximos cinco años, en servicios transoceánicos y transcontinentales de largo recorrido, cabe

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NUM. 43

CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS AVIONES ESPAÑOLES

Año	Tipo del avión	Peso total Kgs.	Velocidad de crucero Km/h	Radio acción Kms.	Carrera despegue ms.	Carrera aterrizaje ms.
1928	R. III AISA	3.000	140	400	300	250
1930	CASA - B. XIX	3.200	160	600	300	200
1942	Hispano HS. - 42	1.680	260	780	—	—
1943	AISA H. M. - 7	950	190	760	250	150
1949	CASA - Alcotan 201...	5.500	310	1.000	400	125
1950	IBERAVIA I - 11 (1).	667	170	730	215	120

(1) Valores estimados por estar pendientes de homologación.

esperar aviones hasta 100 toneladas de peso, con carreras de despegue de 1.500 metros y análogas de aterrizaje de 1.800 metros con sendas de descenso de 1/50 de pendiente. En etapas que partan de España o que lleguen a ella pueden esperarse radios de acción de 3.000 Kms. Aunque se realizan hoy ensayos concluyentes con trenes de aterrizaje tipo oruga y con otros orientables al viento, de modo que pueden disminuir el impacto de aterrizaje y el número de pistas necesarias, no se estima que deba contarse con tales ventajas; análogamente sucede con los medios auxiliares de despegue, por ejemplo, por motores de reacción, que disminuirían la longitud de las pistas necesarias, pero que no se estima que han alcanzado todavía suficiente grado de desarrollo.

B) Aproximadamente de aquí a diez años cabe esperar un acentuado empleo para vuelos trasatlánticos y transcontinentales, de aviones de reacción con etapas de hasta 5.000 Kms. y velocidades de alrededor de 800 Kms. por hora, con carreras de despegue de 900 metros, los cuales, si bien no suponen diferencia notable en el trazado de las pistas de los aeropuertos, obligan a mejoras en las ayudas de navegación para recaladas y aterrizajes instrumentales.

C) Para los servicios intercontinentales, líneas de vecindad con los países europeos, debe esperarse en los próximos diez años el empleo de aviones hasta 40 toneladas de peso con carreras de despegue de 1.200 metros con sendas de descenso de 1/40 de pendiente. Las etapas prácticas se estiman en 1.000 Kms. Debe esperarse en este tipo de aviones el empleo paulatino de medios que acorten las carreras de despegue y aterrizaje, respectivamente; potencias auxiliares para el despegue y hélices de paso invertido para el aterrizaje.

D) Para el servicio de cabotaje, particularmente en aeropuertos de tercera categoría, así como líneas de dispersión y alimentación que partan de otros aeropuertos internacionales, debe intentarse el desarrollo de aviones propios, útiles para pequeñas longitudes de pista, con peso total de seis Tm. y con etapas de 500 Kms.

E) Para servicios reducidos de cabotaje, «taxi» y turismo cabe esperar el empleo de helicópteros antes de cinco años, aparte de los actuales aviones de pequeño tonelaje.

En lo que respecta a la política de España en materia industrial, para impulsar la construcción de aviones nacionales, puede resumirse así:

A) Como programa inmediatamente posible debe intentarse la construcción de aviones en los tipos siguientes:

I. Un avión de transporte mediano, de alrededor de seis toneladas de peso, para una carga útil de aproximadamente doce pasajeros ó 1.500 Kgs. de carga útil, tomando como base un radio de acción de 700 Kms. Puede ser el «Alcotan Casa-201», hoy en período de homologación, o una mejora posterior del mismo.

II. Un avión de transporte de pequeño tonelaje, de alrededor de tres toneladas de peso, para una carga útil de aproximadamente cinco pasajeros ó 800 Kgs. de carga total, y con radio de acción de 500 Kms.

III. Un avión de turismo y escuela, para dos o tres tripulantes con radio de acción hasta 500 Kms. Puede ser el «I-11», hoy en período de homologación.

B) Como programa que puede intentarse antes de cinco años están:

IV. Un helicóptero útil para transportar tres o cuatro personas, con radio de acción hasta 300 Kms.

V. Un avión de gran tonelaje, mixto de carga y pasaje, de alrededor de 20 toneladas de peso, capaz de transportar 5.000 kilogramos de carga útil, con radios de acción mínimo de 1.500 kilómetros. Véase a este efecto, tomado de «Aviatión», el cuadro núm. 44, que indica las ventajas en costo de explotación, que pueden obtenerse de un avión de este tipo.

C) Finalmente, entre los cinco y los quince años a partir del desarrollo de una política activa en materia industrial, puede esperarse:

VI. Un tipo de avión de reacción de mediano tonelaje, partiendo de la mejora de despegue de alguno de los tipos anteriores para conducir a una técnica propia en motores de esta clase.

D) El desarrollo de tal política, partiendo de los elementos hoy disponibles en la industria nacional, supone:

1) El enunciado de un programa concreto de fabricación de primeras materias, o de importación de las mismas, particularmente aleaciones ligeras y especiales, así como maderas mejoradas, ya que parece aconsejable no abandonar la construcción mixta. La experiencia de fabricaciones hasta ahora logradas prueba que la industria básica nacional está en condiciones de satisfacer alrededor del 80 % de las demandas de materias especiales para construcción de aviones, y que es necesario

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NUM. 44

ESTIMACIÓN DE CARACTERISTICAS DE AVIONES ESPECIALES DE CARGA

Características	Combinación de pasaje y carga					Carga solamente			
Radio de acción (millas) ...	250	500	750	1.000	1.250				
Carga de pago (Tm.)						6,8	6,2	5,6	5,0
Coste operativo Tn./milla.	0,214	0,164	0,168	0,170	0,176	0,194	0,194	0,203	0,218
Coste de servicio general ...	0,036	0,060	0,059	0,058	0,057	0,080	0,080	0,080	0,080
Coste total Tn./milla	0,250	0,224	0,227	0,228	0,233	0,274	0,274	0,283	0,298

solamente fijar un programa concreto y marcar normas de preferencia en los suministros, de tal modo que los suministradores encuentren estímulo a pesar de las cantidades de facturación relativamente reducidas.

2) El incremento de la fabricación de motores, previa discusión y determinación de características. La experiencia anterior demuestra igualmente que en España se han producido motores de excelente calidad, pero en la actualidad su falta supone el fallo más considerable en la industria aeronáutica.

3) El desarrollo de la industria accesoria de equipos de a bordo, trenes de aterrizaje retráctiles y hélices de paso variable, que hoy día en estado incipiente necesitan el estímulo de programas concretos en períodos de tiempo prudentes.

4) El intercambio de opiniones, discusión de necesidades y enunciado de programas, entre los diversos elementos interesados en la fabricación de aviones, por medio de algún organismo como pudiera ser el antiguo Consejo Asesor de Industrias Aeronáuticas, con carácter meramente privado de tal manera que sirviera de orientación desde el punto de vista del usuario a los organismos oficiales.

5) El enunciado de una política de prototipos por parte del Estado, que estimule el proyecto y construcción, comprendiendo al menos las facetas siguientes: primas de estímulo a los prototipos en función del precio normal de serie; preferencia para suministro de materiales, incluso de los parque estatales; premios para los proyectos que rebasen características mínimas; adquisición del proyecto que en definitiva convenga, para fabricación en serie por encargo del Estado o, de lo contrario, primas al constructor por cada avión de serie que venda en España o en el extranjero.

9) LAS AYUDAS A LA NAVEGACIÓN.

La gran ventaja del avión sobre los otros medios de transporte, mayor aún que la velocidad, reside en las posibilidades de que el avión sobrevuele indistintamente toda clase de superficies sin sujetarse a caminos previamente marcados. Sin embargo, la necesidad de lograr la mayor seguridad posible en el vuelo siempre y la mayor economía por un flujo de movimientos constantes allí donde hay gran intensidad de aviones, aconseja la creación de rutas aéreas verdaderos caminos que en el espacio ofrezcan al navegante particular protección para el vuelo. Para que estas rutas aéreas no contradigan la gran flexibilidad de uso del avión, quiere decirse que la infraestructura sobre la cual se apoya el movimiento aéreo debe estar compuesta de dos organizaciones que se superponen; una es la red de apoyo al vuelo en todas las direcciones y caminos, para que el navegante aéreo no encuentre limitaciones en el posible uso del avión; otra es, por el contrario, la red de ciertas rutas aéreas o caminos aéreos canalizados, a lo largo de los cuales el navegante encuentre especiales ayudas que le permitan no solamente gran seguridad del vuelo con todo tiempo atmosférico, sino también gran regularidad en sus movimientos y gran precisión al estimar las horas de paso por determinados lugares. En estas dos organizaciones superpuestas se basa la moderna navegación aérea.

La navegación aérea es un complejo resultado de la utilización e integración de técnicas muy diversas. Por esencia, al vuelo de una aeronave se oponen ciertas situaciones meteorológicas. Al transporte regular y económico se oponen también las pérdidas de tiempo, a que se obliga por falta de precisión en la ruta o por esperas en las recaladas sobre aeropuertos congestionados de tráfico; cada minuto que se vuela más de lo necesario supone un gasto de combustible inútil y una disminución en la carga de pago, provocando por ambas causas un encarecimiento notable del transporte. Por otra parte, cuando se trata de vuelos troncales de largo recorrido, es obligado utilizar las horas nocturnas lo mismo que las diurnas, lo cual también, a veces, conviene incluso en vuelos domésticos de corto recorrido para dar mayor facilidad y aliciente al viaje. En consecuencia de esto, la navegación aérea moderna reside en una acertada integración de la técnica electrónica con la meteorológica y con la de balizamiento de rutas por medios eléctricos y radioeléctricos, proporcionando en su conjunto una organización relativamente costosa y complicada en tierra, pero de gran rendimiento, puesto que permite abaratar y simplificar el vuelo.

La primera de las dos organizaciones superpuestas, aquélla que tiene por fundamental objeto apoyar el vuelo en cualquier dirección, tiene que ser por fuerza de menor precisión que la que se limita a ciertas rutas aéreas, so pena de exigir desembolso económico excesivo. Aun partiendo de que en efecto se consigue menos precisión que por las rutas aéreas canalizadas, conviene subdividir esa primera organización en dos partes, según la naturaleza de los aviones que la aprovechan, ya que la ayuda no debe limitarse a las aeronaves bien dotadas de elementos de navegación, sino que deben alcanzar con mayor motivo a los pequeños aviones de turismo, que apenas tienen otro procedimiento de navegación que el más simple de observar e identificar el terreno que se sobrevuela. Esta primera organización se designa en los Reglamentos Internacionales como región de información del vuelo, conjunto de elemen-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

tos que proporcionan información para que el piloto pueda por sí mismo decidir el camino que le conviene. Cuando se trata de la parte más elemental, es decir, la que sirve para los aviones más simples que no tienen equipos especiales de navegación, el cometido consiste fundamentalmente en informar lo más rápida y extensamente que sea posible, de los obstáculos que al vuelo se presenten y muy principalmente de las dificultades meteorológicas. Por eso, esta primera parte de la región de información del vuelo consiste en una buena red de información meteorológica que en principio debe apoyarse en estaciones meteorológicas establecidas en todos los aeródromos abiertos al tráfico, incluso los de socorro, a los que se añaden otros puestos de información aeronáutica distribuídos entre los aeródromos, de modo que facilite principalmente información sobre las zonas montañosas y otros obstáculos físicos que, en unión de las nubes, dificultan el vuelo. El ideal de esta red consiste en lograr una difusión lo más rápida y extensa posible de su información, recurriendo a toda clase de medios y muy en especial a la difusión radiofónica por medio de estaciones que periódicamente, en lenguaje claro y por radiotelefonía, emitan avisos y noticias para los aviadores.

Para los aviadores dotados de equipo para vuelo instrumental, la región de información apoya el vuelo facilitando informes que permitan a los aviones situarse encima de las nubes o entre ellas, sin necesidad de ver el terreno que se sobrevuela. Exige este propósito, en primer lugar, una información meteorológica mucho más detallada que la anteriormente referida, en la cual se prevea la evolución del tiempo según la longitud del recorrido del vuelo, se fije la altura de la isoterma de 0°, a partir de la cual pueden ocurrir peligrosas formaciones de hielo, y, en fin, se prevea la visibilidad y el viento, así como su variación en altura a lo largo del posible recorrido. En segundo lugar, exige una triangulación de toda la superficie nacional, por medio de puntos de referencia radioeléctricos y eléctricos, radiofaros, radiogoniómetros y radioguías para el vuelo en todo tiempo con mediana visibilidad y aerofaros para el vuelo de noche con buena visibilidad.

Finalmente, la segunda de las organizaciones, la de rutas canalizadas, busca no solamente la información para el piloto, sino la regulación del vuelo desde tierra, de tal manera que se marque el camino y la altura de vuelo para evitar colisiones entre aeronaves diversas, acelerando el flujo del tráfico particularmente en las entradas y salidas de los aeropuertos. El nudo de este problema reside en fijar en tierra exactamente, y en todo momento, la posición de los aviones, para lo cual es preciso que los aviones naveguen con un grado elevado de precisión. Además de una información meteorológica aún más perfecta y detallada, entran en las rutas canalizadas radioguías y radiofaros direccionales, instalaciones radar, equipos de aterrizaje dirigido, y, en fin, en el grado más moderno procedimientos de televisión.

CUADRO NÚM. 45

Red meteorológica de interés aeronáutico



CUADRO NÚM. 46

Red actual primaria de ayudas a la navegación

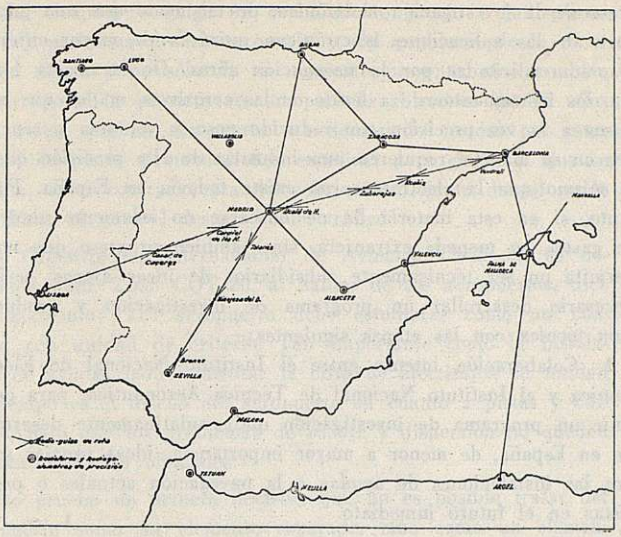


La red española se encuentra en período activo de construcción. En el gráfico núm. 45 aparecen los elementos constitutivos de la red más elemental, es decir, los actuales puestos de información meteorológica comparados con los que existían en 1939, época en que la guerra había deshecho la red antigua. En el gráfico núm. 46 figuran los elementos constitutivos de la segunda red, también con distinción de lo que se conservó de antes del año 1939. Finalmente, en el gráfico núm. 47 figuran los elementos de la tercera parte de la red, es decir, las rutas canalizadas, de las que no existía absolutamente nada en el año 1939. El examen de estos gráficos, si bien prevé satisfactorio desarrollo de las redes, indica también que el trabajo no está todavía terminado; cosa natural porque en esta materia, quizá más que en ninguna otra, no se ha logrado aún el grado de estabilización necesaria y se encuentra la técnica en pleno período evolutivo. El grado de precisión de cada una de las tres redes o partes de la organización, son, naturalmente, muy diferentes. Con la parte más elemental, es decir, para aviones que no tengan equipo especial de navegación, el vuelo sólo es

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NÚM. 47

Red de rutas canalizadas



posible si existe buena visibilidad para identificar el terreno a lo largo de todo el recorrido, o al menos de gran parte de él. La segunda red o parte de la organización puede permitir actualmente que se estime la hora de llegada al aeropuerto de destino con una aproximación de más o menos diez minutos en etapas de 500 Kms., lo cual es más que suficiente en gran parte de los casos, pero no es bastante cuando son de temer congestiones de tráfico en el aeropuerto de llegada o cuando, por tratarse de vuelos muy largos, en el límite del radio de acción de las aeronaves, los minutos de error representan notable economía en el costo del vuelo. La consecuencia es aumentar en lo posible las rutas canalizadas, siempre que estén solicitadas por una buena densidad de tráfico.

Actualmente, en los convenios aéreos de España con otros países figuran cuatro líneas inglesas, dos norteamericanas, dos holandesas, dos italianas, cuatro brasileñas, una suiza, dos suecas, una belga, catorce francesas, dos portuguesas, dos argentinas, una mejicana, una cubana, una venezolana y una filipina; en suma, así cuarenta líneas extranjeras con etapas en aeropuertos españoles y con frecuencia de varios servicios semanales en cada una. A ellas hay que añadir los servicios españoles, nacionales e internacionales, así como los extranjeros de simple sobrevuelo en rutas trasatlánticas.

En los cuadros núm. 25 y 26 figura un resumen de los servicios aéreos que operan hoy sobre España; su examen marca claramente cuál debe ser el esqueleto fundamental de las rutas canalizadas. Está formado, en primer lugar, por la ruta de Lisboa a Madrid y Barcelona, que constituye el eje fundamental de nuestras comunicaciones aéreas entre el Atlántico y el Mediterráneo, más otra ruta de Bilbao a Madrid, Sevilla y continuación a las Islas Canarias, que es, a su vez, el eje fundamental de nuestras comunicaciones aéreas entre Europa, de una parte, y Africa y América del Sur, de la otra; entre estos dos ejes fundamentales, otras rutas forman un sistema radial con centro en Madrid no sólo por la importancia política de este lugar como centro generador de tráfico, sino además para el logro de comunicaciones con regiones muy aisladas por otros medios, como por ejemplo la ruta de Madrid-Lugo-Santiago, o también el complemento de comunicaciones directas con el Mediterráneo, como es la ruta Madrid-Albacete Valencia-Palma de Mallorca; finalmente, existe otro centro radial en Palma de Mallorca, que sirve a un gran número de servicios sobre el Sur de Europa y el Norte de Africa. Son éstas las directrices que conforman el trazado de rutas aéreas en la organización española; dentro de ellas, sin embargo, hay que distinguir rotundamente las dos primeras, es decir, Lisboa-Madrid-Barcelona y Bilbao-Madrid-Sevilla-Canarias, porque son, por ahora, el camino natural de los grandes servicios aéreos troncales-transoceánicos y transcontinentales, servidos por aviones de gran tonelaje que sobrevuelan largas etapas y requieren ayudas a larga distancia.

En consecuencia de ello, para atenernos, tanto a las necesidades nacionales como a las internacionales, el plan de ayuda a la navegación consistiría en:

a) Creación de centrales de Ayuda a la Navegación, que regulen el tráfico, en Madrid, Mallorca y Canarias, con subcentrales en Lugo, Sevilla, Valencia, Barcelona, Melilla y Villa Cisneros.

b) Mantenimiento con los medios más modernos que sea posible de las rutas canalizadas Lisboa-Madrid-Barcelona, Bilbao-Madrid-Sevilla-Ifni-Canarias-Villa Cisneros, Madrid-Santiago de Compostela, Madrid-Valencia-Palma de Mallorca, Barcelona-Palma de Mallorca-Argel y Bilbao-Barcelona.

c) Dotación de una red meteorológica formada por 18 centros meteorológicos, 25 observatorios de medición aerológica, 80 observatorios completos sin aerología y, más o menos, 300 puestos de información aeronáutica.

d) Mantenimiento de una red de balizamiento radioeléctrico triangular, formado por más o menos 60 puntos de apoyo radiogoniométricos, 40 radiofaros y 30 radioguías.

e) Organización y mantenimiento de una red de balizamiento nocturno formada por más o menos 40 aerofaros de navegación y 35 aerofaros de identificación especial, repartidos unos y otros a lo largo de las rutas y en las zonas de recalada de los aeropuertos.

f) Dotación a lo largo de las rutas canalizadas de más o menos 30 radioguías o radiofaros direccionales, 10 estaciones radar de vigilancia del espacio aéreo y 20 equipos de aterrizaje instrumental.

g) Organización de un sistema automático de regulación del tráfico fundado en métodos modernos de radar o de televisión.

En la actualidad puede decirse que está en servicio en España aproximadamente el 80 % de los planes fijados en los puntos *c*) y *d*); el 60 % de los señalados en los párrafos *a*) y *e*); el 40 % de los señalados en los párrafos *b*) y *f*); falta, finalmente, por construir el sistema a que se refiere el apartado *g*).

El problema español reside, sin embargo, en el mantenimiento y evolución más que en la organización de la red de ayudas a la navegación. La primera instalación de equipos para estas redes es evidentemente un problema costoso y difícil, pero lo es más el mantener las redes a la altura de la evolución de las aeronaves que van a utilizarlas. Los sistemas actualmente empleados en los aeropuertos españoles, como en una gran cantidad de países, permiten el despegue y aterrizaje de aviones a

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

un ritmo de más o menos siete minutos por cada movimiento, es decir, por cada despegue o aterrizaje. Esto, que podía ser suficiente hasta hace pocos años, no lo es ya para algunos aeropuertos españoles, por ejemplo Barajas, donde en algunas horas del día coinciden cinco o seis aviones en el aire, lo que motiva si la visibilidad no es muy buena, que del primer aterrizaje al último haya transcurrido más de media hora de diferencia; media hora de diferencia es una importante carga económica en la explotación, particularmente cuando se trata, como en el caso de las explotaciones nacionales, de vuelos entre una y dos horas de duración. Pero de cara al futuro, con previsión de intensificar la densidad del tráfico, debe suponerse un probable aumento de ese tiempo de espera, tirando por tierra la economía de la explotación del vuelo, especialmente al prever el uso de aviones de mucho mayor tonelaje que los actuales, con potencias motrices y consumo de combustible mucho mayores. Esta es aún más especialmente, el caso que se presentará con la aparición de los aviones de reacción, cuyo radio de acción se logra por gran velocidad, pero que en general tienen reducida autonomía de combustible. Es este aspecto el que en las directrices de la política aérea inglesa, examinada en el Apartado 8) anterior de esta ponencia, hace decir que no será posible el empleo de los aviones de reacción sin notable mejora en los procedimientos de protección del vuelo, particularmente para las recaladas en los aeropuertos. Los modernos equipos de ayudas a la navegación en rutas canalizadas tratan de conseguir una integración de esfuerzos de manera que pueda mantenerse a lo largo de las rutas en las entradas y salidas del aeropuerto un flujo de un movimiento por cada minuto, es decir, un aterrizaje o despegue por cada minuto en condiciones de mala visibilidad. La deducción es, por tanto, que al menos en las dos rutas fundamentales del espacio aéreo español y en los aeropuertos transoceánicos de Madrid y Barcelona debe aspirarse al flujo de movimientos aéreos a razón de uno por cada minuto.

No es cosa de entrar aquí en una valoración detallada del presupuesto, que supone una organización como la que se ha citado. Sin embargo, es indispensable citar cifras aproximadas. La red puede valorarse aproximadamente de la forma que sigue:

Primer establecimiento de la red meteorológica.	40.000.000,—
Primer establecimiento de la red general de balizamiento eléctrico y radioeléctrico (radiogoniómetros, radiofaros, radioguías y aerofaros).	100.000.000,—
Primer establecimiento de las rutas aéreas canalizadas (radioguías y radiofaros direccionales y equipos de radar)	70.000.000,—
Primer establecimiento de centrales de navegación aérea y sus correspondientes enlaces ...	40.000.000,—
Primer establecimiento de equipos de aterrizaje instrumental y balizaje eléctrico y radioeléctrico en los aeropuertos internacionales que hoy existen	100.000.000,—
Mantenimiento anual del servicio comprendiendo atenciones de personal, material de repuesto y fungible y renovación del material con amortización (15 años término medio)	45.000.000,—

La principal dificultad del problema no reside, sin embargo, en el volumen del mismo, sino en los inconvenientes de orden técnico para lograr la nacionalización de los productos indispensables al mantenimiento de la red. La navegación aérea constituye hoy uno de los motores de más importancia para el progreso de la investigación electrónica, de tal modo que una gran parte de las aplicaciones electrónicas, quizá la de mayor enjundia, son solicitadas por la navegación aérea. De la misma forma, los instrumentos de a bordo de las aeronaves, en los que se busca a la vez precisión con reducido peso y volumen y sencillez en su manejo, requieren una industria de alta precisión que, lo mismo que la electrónica, no existe todavía en España. Por tanto, si en esta materia ha de buscarse no solamente ahorro de gastos en moneda extranjera, sino también progreso que nos permita no ser técnicamente subsidiarios de ideas ajenas, sería necesario desarrollar un programa de investigación y producción técnica con las etapas siguientes:

I. Colaboración intensa entre el Instituto Nacional de Electrónica y el Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica, para definir un programa de investigación que paulatinamente desarrolle en España, de menor a mayor importancia, ideas propias sobre las instalaciones de ayudas a la navegación actuales o previstas en el futuro inmediato.

II. Formular un programa concreto a largo plazo para estimular la industria nacional que dedique sus esfuerzos al logro de ayudas a la navegación aérea y equipos auxiliares de las aeronaves.

III. Promover frecuentes intercambios de iniciativas entre los navegantes aéreos y los técnicos, buscando, ante todo, determinar de manera precisa cuál es el grado de importancia con que la implantación de ciertos equipos reacciona prácticamente sobre la economía y la seguridad del vuelo, lo cual puede hacerse a través de un Instituto del Transporte Aéreo.

10) LOS AEROPUERTOS.

El tercero de los tres elementos esenciales para la seguridad y la economía del tráfico está constituído por una buena red de aeropuertos. La existencia de aeropuertos, junto a la de rutas aéreas que permitan una buena explotación del tráfico y la posibilidad de adquirir en el mercado aeronaves adecuadas a un costo prudente, son en definitiva los tres elementos que estimulan el aumento del transporte aéreo. En el orden comercial, si hay posibilidad de adquirir aviones modernos en el extranjero, puede incluso desconocerse la gran importancia de la producción nacional de aeronaves; pero en ningún caso, y en ninguno de los supuestos, puede España prescindir de la organización de las rutas y de la construcción de los aeropuertos, a no ser que quiera voluntariamente aislarse de las corrientes mundiales del tráfico aéreo. Los tres puntos están sólidamente entrelazados, porque cada uno de ellos depende de la evolución prevista para los otros dos, o más bien están subordinados entre sí en el propio orden en que aquí se redactan, es decir, la previsión en la evolución de las aeronaves determina exigencias sobre el carácter de las rutas y de los aeropuertos, y a su vez, en un orden menor, la naturaleza de las ayudas de navegación condiciona el uso de los aeropuertos. El aeropuerto, en definitiva, es función del tipo de aeronave que se emplee, de la densidad de tráfico y de la mayor o menor necesidad de mantenerlos constantemente abiertos al tráfico por las características de las rutas aéreas a las

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

cuales sirven de apoyo. Sin embargo, de los tres elementos, el más costoso como gasto de primer establecimiento es, sin duda, el aeropuerto, y de aquí que una visión económica del problema de aeropuertos exige un conocimiento previo e indispensable del problema de las aeronaves y del problema de la navegación aérea, y no sólo de su momento presente, sino también de su evolución prevista en un período al menos de 15 años para evitar que un aeropuerto sea demasiado costoso por estar dotado de pistas e instalaciones excesivas para el uso a que se destina, o, al contrario, sea demasiado insuficiente de tal modo que frene el natural desarrollo del tráfico.

La Organización Internacional de Aviación Civil, en su documento núm. 2.553 COT/26, al hablar de los aeropuertos, dice concretamente: «El aeropuerto debe estudiarse como un conjunto con unidad de criterio. Tan importante como la instalación de ayudas para aumentar la cifra de aterrizajes en unidad de tiempo es el diseño del aeropuerto en cuanto a pistas y edificios, para que los problemas de rodaje y dispersión no queden comparativamente olvidados.»

Esto prueba de manera decisiva que no es posible tratar del aeropuerto como un elemento separado, sino como un elemento más integrado en este complejo conjunto que constituye el transporte aéreo. Esta es la única razón por la que aquí se trata de ello, ya que no es nuestro propósito profundizar en detalles que con mayor precisión y con mayor conocimiento está ya estudiado por el actual director general de Aeropuertos, de cuya fuente extractamos aquí las siguientes consideraciones:

Un aeropuerto es un elemento complejo de elementos muy diferentes entre sí. Hangares, talleres, torre de mando, oficinas, servicios generales, servicios sociales del pasaje, instalaciones de navegación y, por fin, pistas de despegues y aterrizajes y para zonas de estacionamiento. La importancia del aeropuerto depende esencialmente de las pistas y de las ayudas de navegación, particularmente aquéllas vienen a representar más o menos el 50 % del costo total. De aquí que las pistas sean el elemento fundamental del aeropuerto desde el punto de vista económico.

Las pistas, sin embargo, no son otra cosa que una consecuencia inmediata y directísima del tipo de aeronaves que se emplee, puesto que su longitud, su anchura y el impacto que deben soportar son función exclusivamente del tipo de aeronave, de su peso por rueda, de su velocidad, de su carrera de despegue y de aterrizaje. Sería gasto inútil construir pistas para admitir aeronaves de un tipo tal que jamás vayan a llegar al aeropuerto, sea por estar éstos al margen de las corrientes importantes de tráfico, sea porque otras condiciones geográficas y técnicas impiden el empleo de tales aeronaves. Si esto es malo, aún puede ser peor lo contrario; porque la construcción de pistas insuficientes para las aeronaves que se presenten puede suponer un freno considerable para el desarrollo del tráfico y obligar a la construcción de un aeropuerto totalmente nuevo, cosa ésta que ha sido corriente en muchos países y de lo cual son ejemplo Londres y Nueva York, entre otros lugares.

La Organización Internacional de Aviación Civil ha dado una clasificación de los aeropuertos según el tipo de aeronaves y la naturaleza del servicio que prestan. Esta clasificación es demasiado detallista para la mayor parte de los países, que no necesitan una diversidad tan grande de aeropuertos.

En el cuadro núm. 50 figura una clasificación más sencilla, la de los Estados Unidos según la Civil Aeronautics Administration. En el cuadro núm. 51 figura otro plan norteamericano adaptado a la importancia de las ciudades.

En España basta fundamentalmente con cuatro tipos, como son: *a*) el aeropuerto transoceánico o transcontinental, capaz de los mayores aviones previstos; *b*) el aeropuerto internacional, capaz para aviones de mediano tonelaje; *c*) el aeropuerto normal de cabotaje nacional, para aviones de mediano tonelaje o gran turismo; *d*) en fin, el aeródromo escuela o de turismo, para pequeños aviones. Los aeródromos de primera categoría —transoceánica— son muy pocos y están repartidos a lo largo de las rutas aéreas fundamentales antes descritas en el apartado 9) anterior, en aquellos lugares donde, a su vez, la orografía local permite la longitud de pistas y la servidumbre de acceso que requiere un aeropuerto transoceánico. Esto quiere decir, longitud de pista de más o menos 2.500 metros al nivel del mar, con acceso libre de todo obstáculo físico en una pendiente de 1/50. Entre estos grandes aeropuertos figuran los de Madrid, Barcelona, Sevilla y Villa Cisneros; este último porque sus condiciones naturales le permiten ser un excelente punto de apoyo para las rutas hacia Africa y América del Sur. Los aeropuertos de segunda categoría —internacionales o nacionales que pueden convertirse en aduane-

CUADRO NUM. 50

TABLAS NORMALES DE CLASIFICACIÓN DE AEROPUERTOS

Características mínimas	Clase 1.ª	Clase 2.ª	Clase 3.ª	Clase 4.ª	Clase 5.ª
Dimensiones del terreno al nivel del mar en dirección de aterrizaje (en metros)	600/900	900/1.200	1.200/1.600	1.600/1.900	sobre 1.900
Anchura de banda (en metros)	100	170	170	200	200
Longitud de pista pavimentada (en metros)	No hace falta	850/1.150	1.150/1.500	1.500/1.850	sobre 1.850
Anchura de las pistas	No precisa	50	60	60	80 (vuelo instrumental)
Número de pistas para cubrir los vientos posibles y consiguientes sectores de entrada en	70 %	75 %	80 %	90 %	90 %

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NÚM 51

TIPOS DE AEROPUERTOS RECOMENDADOS, SEGÚN LOS USOS

Categoría de ciudad	Clase del ceropuerto	Longitud de pista al nivel del mar	Máxima pendiente de obstáculos	Clase de aeronaves que pueden servir
Pequeñas comunidades sobre 5.000 habitantes, sin servicio aéreo regular	1ª.	600/950 metros	1/20	Pequeños aviones de turismo y «taxi» hasta 2.000 kilogramos de peso total.
Comunicadas entre 5.000 y 50.000 habitantes con servicios aéreos de corto recorrido, para alimentación de otros centros	2.ª	800/1.150 metros	1/30	Aviones medianos de turisrismo y pequeños de transporte hasta 6.500 kilogramos de peso total.
Comunidades sobre 50.000 habitantes que puedan ser centros de dispersión o etapas intermedias de líneas principales	3.ª	1.150/1.500 metros	1/40 (para vuelo instrumental)	Aviones actuales de transporte hasta 20.000 Kgs. de peso total.
Comunidades de gran importación industrial, comercial o social, que puedan ser nudos o terminales del sistema de rutas aéreas	4.ª o 5.ª	sobre 1.500 metros	1/50 (para vuelo instrumental)	Aviones actuales en pleno uso y aquéllos hoy en pruebas o en proyecto.

ros— estarán, a su vez, distribuídos también según el desarrollo previsto para el tráfico por la relativa importancia de las regiones a que sirven. Finalmente, los demás aeropuertos y aeródromos se han hecho buscando el dotar de transporte aéreo en lo posible a todas las provincias españolas, con un añadido de algunos otros, como aeródromos de socorro.

En este reparto pesan considerablemente razones de captación de tráfico, en un intento de satisfacer, o mejor aún prever, el natural deseo de muchas ciudades españolas, de no quedarse retrasadas en cuanto a las vías de comunicación. En los cuadros núms. 52 y 53 figuran referencias de los Estados Unidos, que permiten aclarar la relación entre los aeropuertos, los servicios aéreos regulares y la importancia numérica de las poblaciones servidas, probando que es errónea la creencia de que los aeropuertos son complemento sólo de las grandes ciudades y no se necesitan en las pequeñas.

El programa puede valorarse con detalle, partiendo de la experiencia que ya se tiene de los aeropuertos hasta ahora construídos. El estado actual de los aeropuertos de Sevilla, Madrid y Barcelona, prácticamente terminados en lo que a las pistas se refiere, permite valorar adecuadamente un aeropuerto transoceánico modesto, pero eficiente, en una cifra que oscila alrededor

CUADRO NÚM. 52

DISTRIBUCIÓN DE AEROPUERTOS EN LOS EE. UU. POR LA IMPORTANCIA DE LOS CENTROS URBANOS A QUE SIRVEN (año 1945)

Habitantes por grupo	Número de ciudades	Total de habitantes	Número de aeropuertos	Habitantes por aeropuerto	Aeropuerto por ciudad
Más de 500.000	14	22.367.825	51	438.585	3,64
de 100.000 a 500.000	78	15.620.164	212	73.680	2,73
de 50.000 a 100.000	107	7.343.917	140	52.457	1,30
de 25.000 a 50.000	213	7.417.093	199	37.272	0,93
de 5.000 a 25.000	1.630	16.648.792	927	17.959	0,56
Totales	2.042	69.397.791	1.529	45.387	1,46

CUADRO NÚM. 53

DISTRIBUCIÓN DE AEROPUERTOS EN LOS EE. UU., POR CLASES (año 1945)

Número de aeropuertos	Clase 1.ª (Turismo)	Clase 2.ª (Local)	Clase 3.ª (Cabotaje)	Clase 4.ª (Internacional)	Clase 5.ª (Trasatlántico)
Número de aeropuertos	1.148	869	478	447	313

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

de trescientos millones de pesetas, aparte el carácter más o menos suntuario de edificaciones. Pero sin entrar en detalles de esta clase puede hacerse una valoración de conjunto, partiendo de la experiencia propia y de la comparación con programas extranjeros. Esta comparación ha de servirnos también para ver si la idea española es en este punto excesiva o, por el contrario, adecuada.

Aunque en la primera parte de esta ponencia se ha tratado de dar idea de magnitud del posible desarrollo del tráfico aéreo en los próximos diez o quince años, se acepta por supuesto que es muy difícil y que está expuesto a errores considerables la pretensión de valorar tal desarrollo. El propósito de la parte primera fué dar una idea del significado del transporte aéreo en sí y del interés que merece por su posible desarrollo en el futuro próximo; tomando como término de comparación lo sucedido en otros países, pero si de esta idea cualitativa se quiere pasar a una valoración concreta, hay que contar con un gran margen de posible error. Sin embargo, algunas cifras pueden dar idea aproximada en lo que aeropuertos conviene. En el año 1945 entraron y salieron por los aeropuertos españoles 110.074 pasajeros y en el año 1948, por el contrario, entraron y salieron 408.204. Las cifras respectivas en lo que atañe al movimiento de aviones fueron 9.708 y 32.989. De contar con este ritmo ascendente la previsión para 1955 sería de 4.000.000 de entradas y salidas de pasajeros y 250.000 movimientos de aeronaves.

Estas cifras tomadas en el conjunto de España no dan idea completa del futuro. El progreso que indican no es, desde luego, excesivo, si se tiene en cuenta que hoy en día faltan en España aeropuertos y aeronaves y que, en consecuencia, el desarrollo del tráfico está en gran parte frenado, de modo que si se supone una mejora paralela en los dos sentidos la suma de progresos puede no solamente mantenerse en los próximos cinco años, sino mejorarse. Pero, por otra parte, este desarrollo afecta de muy diferente manera a unos y otros aeropuertos. Las cifras en lo que concierne al aeropuerto de Barajas son en 1949, 12.716 movimientos de aviones, 78.589 pasajeros entrados, 87.519 salidos y 26.373 en tránsito, con 5.028.591 Kgs. de mercancías movidos, y es indudable que el aeropuerto de Madrid, como el de Barcelona, el de Baleares, el de Valencia, el de Bilbao, el de Santiago y los de Canarias han de tener un ritmo de progreso mucho más acentuado que otros aeropuertos pequeños, en lo que concierne principalmente al transporte aéreo comercial. Entra después un factor muy importante, que es la aviación privada o de turismo; en ella es punto menos que imposible toda previsión en lo que a España respecta, porque se carece totalmente de elementos de juicio por falta fundamental de aviones de turismo que permitan saber la tendencia del país. No es excesivo suponer que en este aspecto sucede algo semejante a lo ocurrido con el automovilismo, cuyo desarrollo no fué posible de prever mientras no hubo carreteras y facilidades para adquirir automóviles. Estados Unidos posee actualmente más de 75.000 aviones privados y su cálculo para 1960 es de 400.000; en Francia existen 450 aero-clubs y más de 2.000 aviones privados, y se estima en 20.000 la cifra para 1955. En España, y en un orden pesimista, podría suponerse que en condiciones normales de desarrollo, dentro de diez años podrán existir 2.000 aviones privados y 5.000 para 1965. Siguiendo con un criterio comparativo, podemos citar que el plan de aeródromos y aeropuertos de los Estados Unidos, redactado en 1946 y hoy día en curso de realización, prevé la preparación de 6.000 aeropuertos con un promedio de más o menos 20.000 habitantes por cada aeródromo en el territorio metropolitano.

En los cuadros núms. 54 y 55, tomados de la Civil Aeronautics Administration, figuran detalles del plan de aeropuertos de los Estados Unidos realizado hasta 1946, con especificación de las fuentes de financiación.

En Francia, el plan consiste en un aeropuerto por cada 50.000 habitantes, y el presupuesto total se cifra en 500.000.000 de francos, de los cuales la primera parte, de 300.000.000 debe realizarse antes de 1955. Partiendo de esas cifras no parece aventurado que en España, teniendo en cuenta la situación geográfica, la orografía del país, la distribución demográfica y los recursos económicos, se aspire en una primera fase a un aeropuerto por cada 300.000 españoles. Es decir, seis veces menos que en Francia. De este modo, el plan sería construir alrededor de 100 aeropuertos y aeródromos diversos, que equivaldrían aproximadamente a cinco mil millones de pesetas, cifra en la que se incluyen no solamente los gastos propiamente de aeropuertos —pistas y edificios—, sino también las ayudas a la navegación para los mismos y para las rutas aéreas que lo unen.

De este modo tenemos ya valorado en grandes cifras, sujetas naturalmente a error, el costo total de la infraestructura que habría de soportar el transporte aéreo español. No es aquí ocasión de comparar ese costo con el de los otros transportes, ya que no se trata de valorar rendimiento y posibilidades de uno u otro sistema, y por otra parte habrían de faltar elementos de juicio para la valoración de las infraestructuras de ferrocarriles, carreteras y navegación marítima, que otros especialistas podrían fijar adecuadamente. Pero a simple vista, la cifra de cinco mil millones de pesetas para un programa completo de infraestruc-

CUADRO NÚM 54

PROGRAMA FEDERAL DE CONSTRUCCIÓN DE AEROPUERTOS EN 1944

Administración	Nuevos	Mejorados	Totales	Presupuestos
Civil Works	566	386	952	$ 11.503.267
Federal Emergency Relief	55	888	943	16.239.554
Public Works	—	35	35	14.773.080
Works Projects...	197	367	564	331.089.971
Civil Aeronautics	248	287	535	320.192.985
Totales	1.066	1.928	2.994	$ 679.025.777

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NÚM. 55

FINANCIACIÓN DEL PROGRAMA DE AEROPUERTOS EN LOS EE. UU.

AÑOS	Fondos Federales Dólares	Fondos Regionales Dólares	Fondos Municipales Dólares	Fondos Privados Dólares	Total Dólares
Hasta 1933	1.094.328	2.905.869	69.664.517	72.646.799	146.311.513
1933	18.290.000	550.000	5.530.000	665.000	25.035.000
1934	18.290.000	550.000	5.530.000	665.000	25.035.000
1935	18.290.000	550.000	5.530.000	665.000	25.035.000
1936	18.290.000	550.000	5.530.000	665.000	25.035.000
1937	18.295.786	552.491	5.537.780	665.592	25.051.649
1938	46.476.164	890.697	4.136.935	3.236.153	54.739.949
1939	28.435.000	250.000	16.930.000	820.000	46.435.000
1940	28.440.508	250.000	16.934.261	820.436	46.445.205
1941	136.200.000	776.000	14.406.000	700.000	152.082.000
1942	136.200.000	776.000	14.406.000	650.000	152.032.000
1943	136.200.000	776.000	14.406.000	600.000	151.982.000
1944	136.203.385	778.208	14.408.507	550.000	151.940.100
Total	740.705.171	10.155.265	194.950.000	83.348.980	1.027.159.416

tura española del transporte aéreo no es exagerada si se compara con la posibilidad de movimientos que tal infraestructura presenta y con las cifras que normalmente se emplean en la construcción y mantenimiento de puertos, de carreteras y de nuestra red de ferrocarriles.

Problema aparte es el de la financiación de este programa. Cargarlo exclusivamente sobre el presupuesto del Estado equivaldría, en cierto modo, a invalidar la eficacia del plan, porque exigiría un plazo de ejecución excesivamente largo. Solución aconsejable es la organización de Juntas de Aeropuertos que, a la manera de lo hecho con las Juntas de Puertos, financien la construcción de aquéllos, pero esto tropieza con el inconveniente de que las cargas, impuestos y tasas sobre transportes aéreos no serían bastante en su principio para pagar las obligaciones inherentes a la financiación; lo serán probablemente en el futuro, como puede probarse con las cifras actuales de administración de muchos aeropuertos mundiales y particularmente europeos, que serán comparables a otros españoles cuando el tráfico se desarrolle. Aeropuertos como por ejemplo La Guardia, el National de Wáshington, Orly, en París, Schippol, en Amsterdan, el de Ginebra, Ciampino de Roma y muchos otros, comenzaron por producir gastos y acabaron siendo rentables, aparte de que, por tratarse de obras de interés público, no deben ser decididas por su rentabilidad, sino por los beneficios indirectos que reportan; para llegar a ello es preciso que el Estado haya estimulado el desarrollo del transporte aéreo merced a una política conjunta en sus diversos aspectos y facetas.

Una política de este tipo ha permitido, por ejemplo, que el aeropuerto de Schippol —pese a que Holanda no tiene prácticamente tráfico aéreo doméstico— alcance en el año 1949 la cifra de 327.000 pasajeros con cerca de 20.000 movimientos de aviones y se permita financiar una ampliación de pistas, servicios y edificios que alcanzará la suma de 170.000.000 de florines, o sea 1.100.000.000 de pesetas. En consecuencia de esto, la fórmula de financiación puede encontrarse en un esfuerzo conjunto de las entidades provinciales y locales con el Estado; definiendo primero un plan general en la construcción de aeropuertos según las previsiones de tráfico y la importancia de los mismos a lo largo de las rutas, y después, dentro de ese plan técnico, el orden de urgencia financiero, según sean posibles las aportaciones locales y provinciales por su propio interés y vitalidad en las corrientes de tráfico. Finalmente, y una vez determinada así la financiación del aeropuerto, habrían de revisarse los actuales cuadros españoles de impuestos y tarifas sobre aterrizajes y servicios de etapa, que son relativamente bajos, si se comparan con otros del extranjero, para que esas tasas e impuestos enjuguen paulatinamente el desembolso inicial.

Que este plan es posible lo prueban ejemplos reales, como son los aeropuertos de Santa Cruz de Tenerife, Bilbao y San Sebastián, cuyas obras se han acometido con la colaboración económica de entidades locales y provinciales. El cuadro núm. 55 prueba la importancia relativa de estas aportaciones en los Estados Unidos hasta 1944, y demuestra la gran importancia que al tema dan las entidades locales. Por otra parte, en 1948, los pocos aeropuertos españoles que realizan tráfico han producido 6.710.840 pesetas como ingreso por tasas de aterrizaje e impuestos de estancia de aviones, sin contar otros beneficios, como impuestos de combustibles, tasas por pasajero, etc.; en el supuesto anterior de que los 32.989 movimientos de aviones en 1948 se transformen en 200.000 en el año 1960 al actual ritmo de crecimiento, los ingresos por derechos de aterrizaje habrán de alcanzar dicho año alrededor de 80.000.000 de pesetas si la reglamentación actual sobre tasas se revisa y se coloca en consonancia con la de los países colindantes, que tienen impuestos notablemente más altos.

Ese ingreso, en los gastos de financiación que sería necesario desembolsar hasta 1955, equivale aproximadamente al 3,5 % de renta; pero es legítimo suponer que el aumento de facilidades para el vuelo, con la construcción de aeropuertos, habrá de motivar en el tráfico aéreo mayor ritmo de crecimiento. De propósito no ha entrado, además, en consideración, el valor militar que supone la preparación de una adecuada infraestructura movilizable en caso de guerra, aspecto que por sí solo justifica el programa.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Parte cuarta

LA ORDENACION DEL TRANSPORTE

11) LA LEGISLACIÓN.

En orden lógico de ideas, primero se ha dibujado el carácter y significado del transporte aéreo para deducir que es un tema de interés suficiente en la misión de gobierno de un país cualquiera; después se ha aplicado el caso a España, tanto en lo que nuestro país representa por su geografía como en el examen de esfuerzos económicos y técnicos que precisa realizar para que España resuelva los problemas que tiene planteados sobre el material volante, aeropuertos y rutas aéreas; finalmente, debe tratarse, como consecuencia inmediata, de la legislación que conviene para que todas esas circunstancias favorables puedan aprovecharse en beneficio del progreso del transporte.

A su vez, en el examen legislativo se deducirán acaso puntos de coincidencia con los otros transportes. Conviene resolverlos de manera tal, que sin merma de las condiciones particulares de cada transporte se produzca un crecimiento, en cierto modo orgánico y paralelo, y no un desequilibrio dañoso. Partimos para esto del supuesto de qué medio de locomoción debe desarrollarse en sí mismo, es decir, sin que precise de la ayuda de los demás y debe desarrollarse en cuanto pueda por sí mismo, en competencia con los otros, sin que en definitiva importe mucho que una forma particular del transporte pierda importancia en beneficio de otra, pues esto viene sucediendo desde el comienzo de las sociedades orgánicas, siguiendo la historia del desarrollo natural de los diversos medios que el hombre ha ido empleando para trasladarse de un lugar a otro. El fin fundamental debe ser el interés público, entendiendo con esto, a la vez, el interés económico nacional con el convencimiento de que el comercio sigue al pabellón y de que por ello es importante la presencia física de nuestra bandera en los lugares que interese para las relaciones comerciales, políticas o económicas; en el mismo orden de ideas se busca también la elevación social de las clases más modestas de la población, es decir, resolver el problema del transporte no como una satisfacción necesaria, pero exclusiva de ciertos asuntos o de ciertas gentes, sino de modo que esté el alcance de todos por la reducción de tarifas, por la economía del propio transporte.

Aparte de esa postura evidente, y desde luego básica, debe de entrar también en consideración la posibilidad de coordinar los transportes, siempre que no se contradiga a la ley primordial de la competencia en beneficio público. La coordinación no debe en ese caso buscarse evitando coincidencias de servicios para enlace entre dos terminales, pues esto sería tanto como negar la competencia y el desarrollo natural de los medios de transporte, sino que debe de hacerse por otros dos caminos. Uno consiste en la fijación de orden de urgencia y de misiones principales para cada uno de los medios de transporte, especificando las que sean más adecuadas, tanto a la naturaleza del propio medio de transporte como al interés público. Otro camino, no incompatible con el anterior, consiste en buscar la coordinación en los horarios, en las estaciones de venta de billetes y en la posibilidad de viajes combinados de manera que al viajero se le ofrezcan las máximas facilidades para organización de su transporte y para traslado de mercancías, vigilando, a la vez, que ninguno de los medios de transporte emplee procedimiento de competencia abusiva o se salgan por sí mismo de la economía del propio medio.

En este orden de ideas no nos interesa el estudio detallado y comparativo de la legislación de cada medio de transporte, sino concretamente la del transporte aéreo en cuanto pueda beneficiar a su natural desarrollo y también en cuanto debe mirar a una cierta homogeneidad en los puntos de contacto, con las legislaciones de los otros medios. Por otra parte, la legislación de éstos apenas estudia casos de coordinación, salvo en lo que atañe a los transportes principales por carretera y por ferrocarril.

En la legislación aérea nos encontramos con un campo de doctrina muy reciente, como en la Ley de Bases para el Código de Navegación Aérea, que fué promulgado por las Cortes en fecha 27 de diciembre de 1947. Establece esta Ley una serie de principios fundamentales del mayor interés, siendo el primero de todos la puerta abierta para la iniciativa privada y para la libre concurrencia, y el segundo la creación de servicios públicos por medio de concurso. Se trata con ello de estimular a la iniciativa privada para que amplíe su intervención en el transporte aéreo, mientras se establecen las fórmulas de inspección o de intervención del Estado en las empresas a fin de vigilar el desarrollo técnico y económico. Paralelamente a las mejoras técnicas hechas por el Estado en la red de rutas y aeropuertos, esta legislación es evidentemente un paso firme y muy importante para definir las características de la aviación civil, comercial y privada en España y para aumentar la personalidad de la misma como ente importante en la economía nacional.

Se establece por las bases primera y segunda el concepto de soberanía sobre el espacio aéreo, así como la división territorial a fines de intervención del Estado. Viene después el reconocimiento jurídico de derechos sobre las aeronaves; las normas para construcción e inspección técnica de prototipos, dejando libre la iniciativa para su proyecto, estudio y preparación; se establece, en fin, el Registro de Matrícula de Aeronaves, que permite colocarlas en paridad con los demás vehículos automóviles sin pérdida de la intervención técnica para sus condiciones de navegabilidad. Se definen también los conceptos de aeropuertos y aeródromos, así como las servidumbres a que se someten los terrenos colindantes; queda abierta la posibilidad de establecer aeródromos privados y también la de colaboración financiera con el Estado, de interés provinciales o privados; finalmente, se regula la imposición de tasas por el uso de aeropuertos. Se define el concepto de tráfico aéreo en sus diversas modalidades; se establece que la concesión de servicios se sujetará a concurso público, con examen de las garantías técnicas y económicas que se ofrezcan; se regula el contrato de transporte para viajeros y para cosas, estimando que la solvencia actual del transporte aéreo permite regulaciones estables entre explotador y usuario; se establecen también las obligaciones del personal navegante y técnico, con especificación del correspondiente contrato de trabajo, a fin de dar carácter profesional al ejercicio, con el consiguiente sentido de responsabilidad en todos los aspectos del transporte no sólo el técnico, sino también el económico y el social. Se establecen las indemnizaciones por daños, las normas en caso de accidente, así como las regulaciones de los seguros de pasaje y carga en con-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

cordancia con Convenciones Internacionales. Se definen el concepto de policía de aeropuerto y de policía de circulación aérea, buscando ayudar a la navegación aérea con normas adecuadas para conseguir un flujo de tráfico regular, seguro y rápido; se regulan las entradas y salidas de aeronaves desde el extranjero o para el mismo. Se establecen las autoridades y jurisdicciones que hayan de juzgar en los delitos y en las faltas, con especificación general de éstos, procurando en el procedimiento una flexibilidad que no ponga trabas al desarrollo normal del transporte sin merma de la eficacia en las sanciones.

Cabe decir, como resumen, que la Ley de Bases concede a la aviación civil y a la navegación aérea, en general, personalidad suficiente para su crecimiento y para que sirva de estímulo a toda clase de iniciativas, las cuales encuentran terreno abonado para su desarrollo dentro de las garantías que convienen a todo servicio público. Con tono propio se coordinan, sin embargo, los intereses españoles con la marcha general de la técnica de la navegación aérea, según se deduce de Convenciones Internacionales, buscando así lo que es el objeto fundamental de la colaboración internacional, que el aviador de cualquier país pueda volar por todo el mundo, con normas técnicas y legales que sean homogéneas por no decir uniformes. Este importante paso que se dió con la Ley de Bases, aconseja completarlo cuanto antes con la promulgación del Código de Navegación Aérea —al que da fundamento aquella Ley— y con los correspondientes Reglamentos.

Sin embargo, este paso no bastaría por sí solo, porque no es suficiente con que el transporte aéreo y en definitiva el vuelo comercial o privado sea posible técnica y legalmente, sino que es también necesaria su posibilidad económica. Una manera simple pero gráfica de definir esta posibilidad consiste en fijar las tarifas por pasajero/Km. y por Tm./Km. de mercancía. Al estudiar las normas fundamentales de la política aérea civil en los Estados Unidos se recurrió a este sistema, aceptando como cifras las de tres cts. de dólar por pasajero/milla y 18 cts. de dólar por Tm./milla de carga. En el cuadro número 56, deducido de la Air Transport Association, se ve la reducción de las tarifas conseguidas en los Estados Unidos a lo largo de los años; la tónica es la constante disminución, salvo en los años coincidentes con la guerra, para llegar a 4,5 cts. en

CUADRO NÚM. 56

TARIFA MEDIA DE PASAJERO/MILLA, EN AVIÓN, EN EE. UU. (AIR TRANSPORT ASSOCIATION)

Años..	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945
Tarifa.	12,0	8,3	6,7	6,1	6,1	5,9	5,7	5,7	5,6	5,7	5,1	5,1	5,0	5,1	5,5	5,1	4,5

CUADRO NÚM. 57

COMPARACIÓN DE VIAJES, AÉREOS Y POR MEDIOS DE SUPERFICIE, ENTRE CHICAGO Y 28 CIUDADES DE EUROPA, ASIA Y ÁFRICA

1.ª parte.—Distancias de recorrido y duración de viaje por tren y barco.

Desde Chicago a;		Millas desde Chicago: Directamente por aire sobre círculo máximo	Millas desde Chicago: Por la superficie sobre barco o rutas hechas	Punto de transbordo por tren y barco	Buques	Tiempo de viaje en superficie: Barco, Días	Tren (horas), EE. UU.	Tren (horas), Resto	Días
Europa:									
1. Atenas		5,447	6,263	Nueva York, Patras.	Rex o Conte di Savoia.	7-8	19	7	8-9
2. Berlín...	a.	4,412	5,319	Nueva York, Bremen.	Bremen o Europa.	6	19	5	7
	b.		5,422	Nueva York, Hamburgo.	Nueva York, Hamburg, Hansa o Deutschland.	8	19	3	9
3. Bruselas	a.	4,151	4,901	Nueva York, Southampton.	Bremen o Europa.	5	19	7	6
	b.		4,956	Nueva York, Roterdam.	Nieuw Amsterdam.	7	19	2	8
4. Budapest...	a.	4,822	5,939	Nueva York, Bremen.	Bremen o Europa.	6	19	20	8
	b.		6,266	Nueva York, Génova.	Rex o Conte di Savoia.	8	19	23	10
5. Edimburgo	a.	3,706	5,046	Nueva York, Southampton.	Bremen o Europa.	5	19	8	6
	b.		5,311	Nueva York, Glasgow.		9	19	1	10
6. Ginebra	a.	4,386	5,170	Nueva York, Cherbourg, Basel.	Bremen o Europa.	5	19	16	7
	b.		5,640	Nueva York, Marsella.		11	19	10	12

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Desde Chicago a:		Millas desde Chicago		Punto de transbordo por tren y barco	Buques	Tiempo de viaje en superficie			
		Directamente por aire sob. e círculo máximo	Por la superficie sobre barco o rutas hechas			Barco	Tren (horas)		Días
						Días	EE. UU.	Resto	
7. Estambul	a.	5,483	6,540	Nueva York, Cherbourg.	Bremen o Europa.	5	19	60	8
	b.		6,979	Nueva York, Marsella.		17	19	—	18
8. Londres	a.	3,962	4,651	Nueva York, Southampton.	Queen Mary.	5	19	2	6
	b.		4,789	Nueva York, directo a Londres.	Georgic o Britanic.	9	19	—	10
9. Madrid		4,194	4,660	Nueva York, Lisboa.	Rex o Conte di Savoia.	7-8	19	15	8-9
10. París	a.	4,143	4,746	Nueva York, El Havre.	Normandie.	5	19	2 ½	6 ½
	b.		4,746	Nueva York, El Havre.	Washington o Manhattan.	7	19	2 ½	8
11. Praga		4,540	5,560	Nueva York, Bremen.	Bremen o Europa.	6	19	11	7
12. Roma	a.	4,817	5,885	Nueva York, Nápoles.	Rex o Conte di Savoia.	7	19	3	8
	b.		5,885	Nueva York, Nápoles.		9-12	19	3	10-13
13. Estocolmo	a.	4,279	5,322	Nueva York, Gotenburgo.	Kungsholm o Gripsholm.	8	19	6	9
	b.		5,819	Nueva York, directo a Estocolmo.		17-18	19	—	18-19
14. Varsovia	a.	4,677	5,669	Nueva York, Bremen.	Bremen o Europa.	6	19	14	7 ½
	b.		5,831	Nueva York, Gdynia o Danzig.	Batory o Pilsudski.	9-10	19	7	10-11
U. R. S. S.:									
15. Irkutak		5,883	9,865	Nueva York, Bremen, Moscú.					
16. Leningrado	a.	4,599	6,551	Nueva York, Bremen, Berlín, Varsovia.	Bremen o Europa.	6	19	138	13
	b.		6,191	Nueva York, Londres.	Bremen o Europa.	6	19	46	9
17. Moscú	a.	4,967	6,465	Nueva York, Bremen.		14	19	—	15
	b.		8,320	Nueva York, Marsella.	Bremen o Europa.	6	19	36	9
18. Omsk		5,663	7,830	Nueva York, Bremen, Moscú.		18	19	31	20
					Bremen o Europa.	6	19	87	10
Asia:									
19. Bagdad		6,424	7,470	Nueva York, Beirut.		20	19	22	22
20. Calcuta	a.	7,986	11,744	Nueva York, Nápoles, Bombay.	Rex, Conte di Savoia o Victoria.	17	19	38	19
	b.		12,331	Nueva York, vía Suez, Canal.		48	19	—	49
21. Delhi		7,481	11,382	Nueva York, Nápoles, Bombay.		17	19	38	19
22. Jerusalem		6,191	6,961	Nueva York, Jaffa, Tel Aviv.		19	19	3	20
23. Singapur		9,372	10,521	Nueva York, Nápoles, Bombay.		27	19	—	28
África:									
24. Accra		5,837	9,010	Nueva York, Liverpool.		23	19	—	24
25. Cairo		6,139	6,789	Nueva York, Alejandría.		16	19	3	17
26. Johannesburgo		8,695	9,678	Nueva York, Ciudad del Cabo.		22	19	26	24
27. Khartoum		6,948	9,176	Nueva York, Liverpool, Port Sudan.		25	19	25	27
28. Túnez		4,945	5,924	Nueva York, Marsella.		12	19	—	13

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NÚM. 57

COMPARACIÓN DE VIAJES, AÉREOS Y POR MEDIOS DE SUPERFICIE, ENTRE CHICAGO Y 28 CIUDADES DE EUROPA, ASIA Y ÁFRICA

2.ª parte.—Precios relativos (en dólares) para tren y barco.

Desde Chicago a:		1.ª Clase o cabina				2.ª Clase o turista				3.ª Clase				
		Barco	Ferrocarril EE. UU.	Ferrocarril Resto	Total	Barco	Ferrocarril EE. UU.	Ferrocarril Resto	Total	Barco	Ferrocarril EE. UU.	Ferrocarril Resto	Total	
Europa:														
1. Atenas		300	37	5	342	201	20	3	224	135	20	3	158	1
2. Berlín	a.	298	37	14	349	166	20	10	196	117	20	10	147	2
	b.	212	37	12	261	145	20	8	173	105	20	8	133	
3. Bruselas	a.	280	37	18	335	156	20	9	185	108	20	9	137	3
	b.	227	37	3	267	144	20	2	166	98	20	2	120	
4. Budapest	a.	298	37	42	377	166	20	29	215	117	20	29	166	4
	b.	300	37	34	371	170	20	23	213	123	20	23	166	
5. Edimburgo	a.	280	37	25	342	156	20	15	191	103	20	15	138	5
	b.	171	37	2	210	133	20	1	154	91	20	1	112	
6. Ginebra	a.	285	37	29	351	161	20	13	194	108	20	13	141	6
	b.	180	37	9	226	—	—	—	—	160	20	6	186	
7. Estambul	a.	285	37	85	407	161	20	62	243	108	20	62	190	7
	b.	255	37	—	292	215	20	—	235	191	20	—	211	
8. Londres	a.	316	37	4	357	170	20	3	193	108	20	3	131	8
	b.	195	37	—	232	137	20	—	157	95	20	—	115	
9. Madrid		240	37	9	286	157	20	7	184	105	20	7	132	9
10. París	a.	321	37	8	366	175	20	5	200	114	20	5	139	10
	b.	210	37	8	255	145	20	5	170	94	20	5	119	
11. Praga		298	37	15	348	166	20	9	195	117	20	9	146	11
12. Roma	a.	300	37	6	343	170	20	4	194	123	20	4	147	12
	b.	240	37	6	283	162	20	4	186	115	20	4	139	
13. Estocolmo	a.	200	37	15	252	145	20	8	173	108	20	8	136	13
	b.	288	37	—	325	213	20	—	233	—	—	—	—	
14. Varsovia	a.	298	37	18	353	116	20	13	119	117	20	13	150	14
	b.	183	37	10	230	163	20	5	188	104	20	5	129	
U. R. S. S.:														
15. Irkutak		298	37	166	501	166	20	135	321	117	20	135	272	15
16. Leningrado	a.	298	37	42	377	166	20	35	219	117	20	33	170	16
	b.	254	37	—	291	182	20	—	202	124	20	—	144	
17. Moscú	a.	298	37	54	389	166	20	40	226	117	20	40	177	17
	b.	279	37	25	341	235	20	18	273	205	20	18	243	
18. Omsk		298	37	99	434	166	20	78	263	117	20	78	215	18
Asia:														
19. Bagdad		240	37	43	320	—	—	—	—	200	20	43	263	19
20. Calcuta	a.	618	37	40	695	390	20	20	430	221	20	20	261	20
	b.	—	—	—	—	—	—	—	—	280	20	—	300	
21. Delhi		618	37	29	684	390	20	14	424	221	20	14	255	21
22. Jerusalem		240	37	5	282	—	—	—	—	200	20	3	223	22
23. Singapur		711	37	—	748	449	20	—	469	280	20	—	200	23
África:														
24. Accra		384	37	—	421	301	20	—	321	197	20	—	217	24
25. Cairo		240	37	5	282	—	—	—	—	200	20	3	223	25
26. Johannesburgo		504	37	40	581	388	20	27	435	260	20	27	307	26
27. Khartoum		384	37	11	432	340	20	6	366	299	20	6	325	27
28. Túnez		201	37	—	238	175	20	—	195	168	20	—	188	28

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NÚM. 57

COMPARACIÓN DE VIAJES, AÉREOS Y POR MEDIOS DE SUPERFICIE, ENTRE CHICAGO Y 28 CIUDADES DE EUROPA, ASIA Y ÁFRICA

3.ª parte.—Tiempo y precio por avión, y ventajas ganadas por el avión frente al tren y al buque.

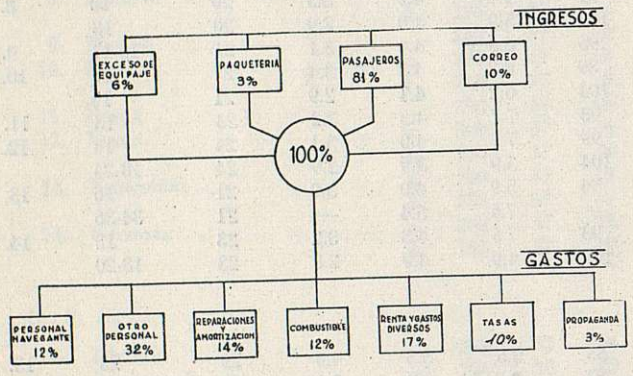
De Chicago a:		Precio de avión		% respecto al costo en superficie		Equivalentes de precio en superficie por milla aérea (centavos)			Tiempo (horas) en avión supuestas 200 millas por hora	Tiempo ganado (días) por avión en viaje de ida y vuelta	
		Viaje en un solo sentido (Dólares)	Viaje de ida y vuelta (Dólares)	1.ª Clase	2.ª Clase	1.ª Clase	2.ª Clase	3.ª Clase			
Europa:											
1. Atenas		163	294	48	103	6.3	4.1	2.9	27	14-16	1.
2. Berlín	a.	132	238	38	90	7.9	4.4	3.3	22	12	2.
	b.		51	51	99	5.9	3.9	3.0	22	16	
3. Bruselas	a.	125	224	37	91	8.1	4.5	3.3	21	10	3.
	b.			47	104	6.4	4.0	2.9	21	14	
4. Budapest	a.	145	260	38	87	7.8	4.5	3.4	24	13	4.
	b.			39	87	7.7	4.4	3.4	24	18	
5. Edimburgo	a.	111	200	32	80	9.2	5.2	2.7	19	11	5.
	b.			53	99	5.7	4.2	3.0	19	18	
6. Ginebra	a.	132	237	38	94	8.0	4.4	3.2	22	11	6.
	b.			58	71	5.2	—	4.2	22	23	
7. Estambul	a.	164	296	40	86	7.4	4.4	3.5	27	14	7.
	b.			56	78	5.3	4.3	3.8	27	33	
8. Londres	a	119	214	33	91	9.0	4.9	3.3	20	10	8.
	b.			51	103	5.9	4.0	2.9	20	18	
9. Madrid		126	226	44	95	6.8	4.4	3.1	21	15-17	9.
10. París	a.	124	224	34	89	8.8	4.8	3.4	21	10	10.
	b.			49	104	6.2	4.1	2.9	21	14	
11. Praga		136	245	39	93	7.7	4.3	3.2	23	13	11.
12. Roma	a.	145	260	42	99	7.1	4.0	3.1	24	14	12.
	b.			51	104	5.9	3.9	2.9	24	18-24	
13. Estocolmo	a.	128	231	51	94	5.9	4.0	3.2	21	16	13.
	b.			39	—	7.6	5.4	—	21	34-36	
14. Varsovia	a.	140	253	40	93	7.5	4.3	3.2	23	13	14.
	b.			61	109	4.9	4.0	2.8	23	18-20	
U. R. S. S.:											
15. Irkutak		176	318	35	65	8.5	5.5	4.6	29	23	15.
16. Leningrado	a.	138	248	37	81	8.2	4.8	3.7	23	16	16.
	b.			47	96	6.3	4.4	3.1	23	28	
17. Moscú	a.	149	268	38	84	7.8	4.6	3.6	25	15	17.
	b.			44	61	6.9	5.5	4.9	25	38	
18. Omsk		170	306	39	79	7.7	4.7	3.8	28	19	18.
Asia:											
19. Bagdad		193	347	60	73	5.0	—	4.1	32	41	19.
20. Calcuta	a.	240	431	35	92	8.7	5.4	3.3	40	35	20.
	b.			—	80	—	—	3.8	40	94	
21. Delhi		224	404	33	88	9.1	5.7	3.4	37	36	21.
22. Jerusalem		186	334	66	83	4.5	—	3.6	31	37	22.
23. Singapur		281	506	38	94	8.0	5.0	3.2	47	52	23.
África:											
24. Accra		175	315	42	81	7.2	5.5	3.7	29	45	24.
25. Cairo		184	332	65	83	4.6	—	3.6	31	31	25.
26. Johannesburgo		261	470	45	85	6.7	5.0	3.5	43	44	26.
27. Khartoun		208	375	48	64	6.2	5.3	4.7	35	51	27.
28. Túnez		148	267	62	79	4.8	3.9	3.8	25	24	28.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

1945, 1/3 de la tarifa en 1929. Sin embargo, no comprende el cuadro años posteriores a 1945, justamente aquellos que han permitido aplicar la tarifa de tres centavos al transporte aéreo de segunda clase. En el cuadro núm. 57 se aprecia una estimación, hecha también en los Estados Unidos, de la captación de tráfico que supondría una nueva rebaja de tarifas para llegar a establecer definitivamente la de tres centavos. Para España, teniendo en cuenta el distinto peso de los diversos elementos que producen gastos en una explotación de transporte aéreo, así como los «costos de vida» comparativos, las cifras del futuro podrían oscilar entre 0,70 y 0,60 pesetas por pasajero/Km. y entre 3,00 y 3,50 pesetas por Tm./Km., mientras que las actualmente en uso son 0,82 pesetas por pasajero/Km. y 4,50 pesetas por Tm./Km. La rebaja puede conseguirse de muy diversos medios; a fin de ilustrar este aspecto, en el gráfico núm. 58 figura una descomposición a grandes rasgos de los ingresos y gastos típicos en una explotación de transporte aéreo; los porcentajes estimados nos permiten apreciar la relativa importancia de unas y otras cargas y formular programa para disminuirlas. Sin embargo, conviene ha-

CUADRO NÚM. 58

Distribución de ingresos y gastos en un servicio aéreo (Air Transport Association adoptado a España)



cer constar que a los precios actuales de pasajero/Km. el avión compite francamente en España con el ferrocarril, lo que pudiera indicar que no es precisamente necesaria una rebaja de esas tarifas, sino más bien un reajuste de cifras en la comparación con otros países, de los «costos de vida». Un detalle puede aclararnos este aspecto; mientras los aviones españoles no pueden realizar en gran escala el transporte de nuestra fruta a Inglaterra, porque al cambio oficial de la libra esterlina el producto de la venta no basta a pagar el valor de compra y el del flete, aviones ingleses vienen a España —alrededor de 500 en 1948— porque para ellos el flete en libras esterlinas es remunerador en relación con el poder adquisitivo de su moneda. Sobre este tema convendrá insistir.

12) POLÍTICA AÉREA.

Al fijar las normas de la política aérea inglesa, el director general de Planes del Ministerio de Aviación Civil de dicho país resumió sus aspiraciones en la forma que sigue:

«El transporte aéreo debe estimularse nacional e internacionalmente, y será tanto mejor cuanto más abundante.

El transporte aéreo es fundamentalmente un negocio comercial capaz de desarrollarse con rasgos estrictamente comerciales; pero tiene también aspectos políticos, diplomáticos, culturales, sociales y militares.

En razón a sus aspectos no comerciales ha podido justificarse cierta cooperación estatal en sus primeras etapas de desarrollo. Sin embargo, las ayudas y formas estatales resultan indeseables nacional, internacional y comercialmente, pues conducen a aumento de gastos nacionales y a ocultación de ineficiencias. En consecuencia, las subvenciones estatales directas y discriminatorias deben considerarse sólo como un recurso que debe suprimirse tan pronto sea posible.

La menos perniciosa y más estimuladora de todas las formas de subvención es el pago por servicios efectivos; por ejemplo, el del transporte de correo, siempre y cuando la suma total de lo pagado a las diversas empresas no exceda de la contribución del público por ese concepto. En los Estados Unidos se ha empleado esta forma de estímulo desde 1920, en el que se concedió el transporte del correo a las Compañías privadas; el transporte de correo es una buena base de partida para estimular y fomentar el transporte de carga en general. (Otra forma indirecta de ayuda es que las Compañías regulares estatales se las transforme en un servicio de transporte para fines del Estado, al modo del Air Transport Command inglés y norteamericano durante la guerra; si este servicio se mantiene en sus líneas esenciales, es decir, realizando servicios del Estado, resulta en ayuda de las Compañías privadas como lugar de experimentación y para la prueba de servicios que, pudiendo ser de interés público, no tienen tráfico normal, a la vez que garantizan al Estado de que cualquier momento puede substituir a una Compañía privada en quiebra de servicio).

Si el transporte aéreo se desarrolla con energía y con espíritu de iniciativa, se convierte en un negocio que se financia a sí mismo. El transporte aéreo es apto para alcanzar un estado comercial de perfección que no necesite subsidio sobre ninguna de las rutas hoy existentes.

El progreso debe realizarse en tres direcciones principales: aviones y motores, mejorando características y navegabilidad; regulación de la circulación aérea, de modo que se eliminen congestiones de tráfico, retrasos de vuelos y suspensiones de servicios; eficacia comercial, reduciendo costos y sobrecargas; entre los cotos hay que distinguir los generales fijos, los operativos y las tarifas de aeropuertos.

Las sobrecargas y gastos generales en las principales empresas de transporte aéreo en el mundo suben entre el 40 y el 70 % de los costos totales. En comparación con otros transportes y con la experiencia de ciertos servicios aéreos, esos porcentajes deben reducirse por debajo del 33 % del total de los costos operativos; la experiencia demuestra que esto puede hacerse.

En la mayor parte de los países el negocio que se pierde por supresión o retraso de vuelos por mal tiempo supone mucho más dinero que el que se gasta en la red de protección de vuelo. Es absolutamente indispensable mejorar los métodos de gobierno de la circulación aérea; algunos medios de transporte, por ejemplo, aviones de propulsión por turbina, no pueden utilizarse mientras que no se haya mejorado su regulación. La mejor dirección para ese progreso parece conducir a la or-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ganización de aterrizajes instrumentales y automáticos en todas circunstancias atmosféricas, de tal modo que la tripulación de las aeronaves actúe simplemente como monitores en la recalada y en el aterrizaje. El transporte aéreo se considerará maduro cuando el gobierno de la circulación aérea consiga por lo menos tresinte movimientos horarios sobre una pista, en cualquier circunstancia atmosférica.

El progreso de los aviones debe buscar aumento de velocidad a más bajo costo, reduciendo resistencias aerodinámicas y mejorando los consumos de combustible. Por otro lado, los gastos y retrasos ocasionados por defectos mecánicos son hoy demasiado altos y frecuentes en la mayor parte de los aviones.»

«Uno de los factores más importantes que contribuyen a operaciones económicas consiste en emplear a cada avión en las rutas cuyas etapas estén de acuerdo con el tipo del avión. Aviones de 100.000 libras de peso se recomiendan hasta 1.750 millas de recorrido, mientras que para 3.000 millas convienen los aviones de 300.000 libras. (La economía del transporte es una red completa, exige, por lo tanto, la subdivisión de ésta en rutas truncales, rutas de distribución y alimentación y rutas elementales.)

El costo del total depende de tres factores:

a) costo fijo anual; *b*) costo operativo por hora; *c*) costos asociados con el número y naturaleza de las etapas, aterrizajes, hangares, etc. Respectivamente están influídos por: *a*) los gastos generales e impuestos; *b*) el número de horas de vuelo en el año por cada avión; *c*) las longitudes de etapa que se operen.

Los costos operativos se refieren a las horas voladas; los ingresos se refieren a las millas recorridas. Por consiguiente, la velocidad, en tanto sea ganada por natural desarrollo técnico, es potencialmente económica, incluso para cortas distancias.

El costo de instalaciones terrestres tiene importancia en sentido nacional. Las pistas de los aeropuertos comienzan a alcanzar hoy el techo económico, tanto en longitud como en resistencia de firme. Los aviones nuevos deben proyectarse para los aeropuertos existentes y los aeropuertos nuevos deben proyectarse en directa dependencia de los aviones futuros. El equilibrio económico debe establecerse utilizando métodos de ayuda en el despegue y en el aterrizaje, estudiando trenes de aterrizaje multirruedas, mejorando los trenes orientables al viento, etc.

El transporte aéreo tiende todavía a velocidades mayores y a costos menores; esto puede conseguirse. Con tipos de aviones ya hoy en proyecto, con una mejora apreciable en la regulación del tráfico, con adecuada organización terrestre y con mayor eficacia en el personal operativo, dentro de términos hoy reales, puede prometerse en un futuro muy próximo que el costo del transporte aéreo no será, por kilómetro o milla de recorrido, mayor que el de cualquier otro transporte de superficie.»

El enunciado de esa política, que, en lo esencial, sirve para cualquier país, permite formarse idea de la complejidad del tema por los muy diversos factores que reaccionan entre sí. El objeto final de un programa nacional está en lograr que se vuele con seguridad y con economía; la seguridad se consigue por una infraestructura adecuada, que, por ser útil para toda clase de aviones, militares y civiles, nacionales e internacionales, corresponde enteramente al Estado; la economía, por otra parte, es consecuencia final de la intervención, acertada o no, de muy diversos elementos, que unos están en la esfera estatal y otros en la privada. Es este aspecto económico el que ahora interesa, dando ya por logrado el primero de la seguridad de vuelo. Reduciendo el problema a sus términos más simples, en definitiva el resultado económico de la explotación dependerá favorablemente del aumento de ingresos y de la disminución de gastos; el resultado conducirá a tarifas asequibles para el gran público, dando así rendimiento práctico a las grandes posibilidades teóricas del nuevo medio de locomoción. El aumento de ingresos sin elevación desmesurada de tarifas, depende de modo inevitable de la captación de tráfico; el transporte aéreo es esencialmente un transporte de masa/kilómetro para aprovechar la característica esencial del avión como es su gran intensidad potencial de uso; en la evolución técnica de las aeronaves, períodos de alrededor de siete años ocasionan la vejez del vehículo y la consiguiente pérdida de sus buenas condiciones para competencia con otros más modernos, por lo que es un axioma de gran interés que no debe permitirse el descanso de los aviones en los hangares. Esto obliga a volar día y noche, en toda circunstancia, con un flujo de tráfico seguro y constante que evite las pérdidas de tiempo, o el tiempo volado en pura pérdida, a que conducen las esperas en aeropuertos congestionados de tráfico, por lo que en definitiva el programa estatal de infraestructura reacciona económicamente, en bien o en mal, sobre la explotación del tráfico.

La disminución de gastos afecta, a la vez, a la propia administración de las Compañías de transporte y a la Administración del Estado. De la primera no hay necesidad de hablar, salvo para aconsejar una inspección o intervención del Estado que garantice que no quedan en vano los esfuerzos estatales en ayuda del transporte, sino que se traducen en una administración adecuada que conduzca a tarifas más bajas, pero no antieconómicas, dentro de la técnica propia del medio de locomoción, para que no suponga competencia abusiva para los otros medios. La influencia de la Administración del Estado en la disminución de gastos se pone, en cierto modo, de manifiesto en el gráfico núm. 58 anteriormente examinado. Entre los caminos por los que se diluye el ingreso de una empresa de transporte aéreo resaltan comparativamente los costos de combustibles y el pago del impuesto. En los Convenios internacionales no se discute siquiera la inclusión de un artículo, por el cual se hace constar que los combustibles no habrán de ser afectados por tasas e impuestos excesivos o discriminatorios, así como tampoco habrán de tener recargos de Aduana los repuestos y accesorios importados para su consumo en la explotación aérea.

Una reducción de gastos, o si se quiere una ayuda indirecta del Estado, está en la organización de rutas aéreas y de aeropuertos, que recorriendo a cargo del presupuesto de la Nación no se traduce en impuestos o tasas para las Compañías de transporte, sino en una pequeñísima parte; corrientemente las empresas no pagan por las ayudas de navegación que reciben, sino solamente por los aterrizajes y aparcamientos en aeropuertos. En el caso de España estas tasas son muy reducidas en comparación con las de otros países; ello ha sido hasta ahora una buena medida, como procedimiento de estimular al transporte y de invitar a que nos visiten empresas extranjeras en el período actual en el que todos nuestros aeropuertos —incluso los mejores— están aún en vías de construcción, pero a medida que

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

el transporte aéreo se desarrolla es también legítimo que España obtenga mayor beneficio de su potencialidad generadora de tráfico, así como una compensación por su esfuerzo para preparar el territorio como plataforma del transporte aéreo.

Nos encontramos, en consecuencia, con dos aspectos contradictorios en parte; uno, es la conveniencia de reducir impuestos y tasas para las empresas nacionales, por su repercusión en las tarifas; otro, es la oportunidad de elevar impuestos para que el Estado encuentre legítima compensación a sus gastos. Pero un principio general de todas las negociaciones internacionales es la reciprocidad de trato evitando la discriminación y la consideración de nación más favorecida, de modo que es forzoso elegir entre uno de los dos caminos en lo que atañe al tráfico internacional y aplicar esto mismo a nuestras propias empresas. A nuestro juicio, por ser España camino natural de muchas rutas aéreas y por ser fuente generadora de tráfico, conviene elevar los impuestos y tasas por los servicios de ayuda a la navegación internacional, aunque sin rebasar la tendencia natural de los mismos en los países colindantes. En cambio, en lo que atañe al tráfico nacional o de cabotaje, donde no obligan convenios internacionales, debe buscarse el procedimiento de reducir los impuestos de modo que se estimule el desarrollo de los servicios de transporte aéreo con la consiguiente rebaja de tarifas y el beneficio del interés público.

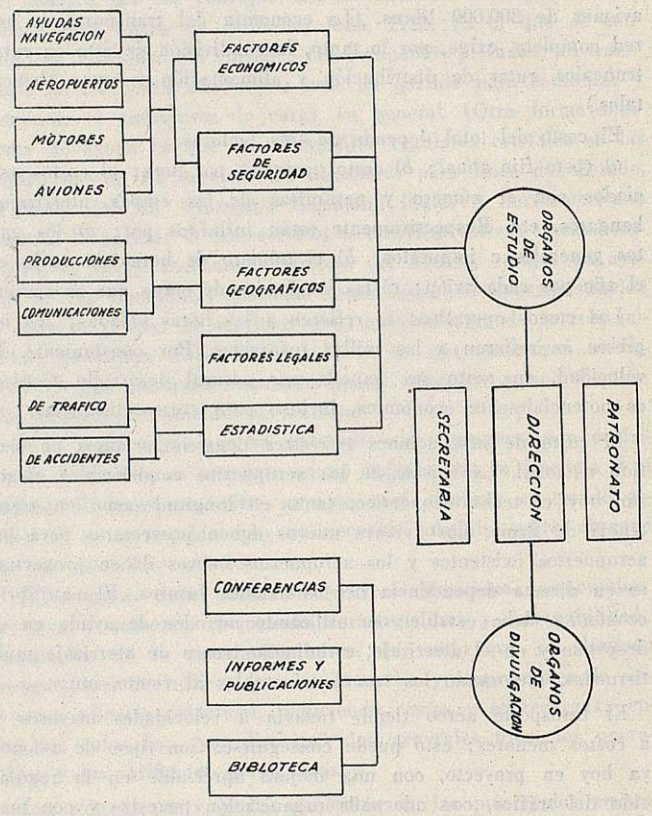
Hay otro medio de cohonestar estas aspiraciones. El transporte aéreo, a la vez que necesario para gran número de lugares, es siempre medio para impulsar relaciones económicas. Partiendo, pues, de que su desarrollo beneficia directa o indirectamente a otras muchas ramas de la economía, provocando un ritmo más acentuado en el movimiento del dinero y, en consecuencia, un aumento de los impuestos estatales y provinciales, parece oportuno que las corporaciones provinciales y locales colaboren con el Estado, interesándose financieramente en la construcción de aeropuertos y en ayudas a la navegación y en la instauración de servicios de transporte.

Con todo, estas medidas de estímulo por parte del Estado, pueden no bastar para que el transporte aéreo, como negocio, encuentre la divulgación necesaria para interesar a los medios financieros, incluso al pequeño ahorro. La razón fundamental de esto se encuentra en las dificultades para penetrar en la complejidad técnica y administrativa de una explotación de servicios aéreos, por ser tema nuevo del que no se han divulgado suficientemente sus premisas esenciales, ni las consecuencias para el país que pueden estimular a los que de buena fe desean contribuir al progreso de la patria. Falta, además, la labor de investigación en procedimientos operativos y el banco de medidas, que son el motor de todo proceso industrial, pues, al fin y al cabo, el transporte aéreo no es más que otra industria, en la que se trata de vender las horas de vuelo que se produzcan. En España existe, afortunadamente, inquietud que sirve de acicate a la iniciativa privada; labor de gobierno es que estas iniciativas no se sientan desamparadas ni perezcan por no haber tenido tiempo y ocasión de consolidarse, a causa de que es demasiado caro obtener por sí mismo toda la experiencia que necesita la explotación del transporte aéreo. A remediar esto puede contribuir la creación por parte del Estado de un Instituto de Transporte Aéreo, que estudie y divulgue las experiencias de otros países, proporcione elementos de juicio para la intervención del Estado, y, en fin, aporte a la iniciativa privada los datos fundamentales para planteamiento del problema. En el croquis núm. 59 figura un posible esquema de un Instituto de esta naturaleza.

Nos lleva este aspecto a considerar la intervención del Estado en la financiación de las empresas. No son hoy relativamente pocos los países que mantienen Compañías estatales de transporte aéreo; la mayor parte de los países mantienen, por lo menos, subvenciones directas o indirectas. Esto es inevitable en bien del propio transporte aéreo, mientras no haya tomado internacionalmente una estabilidad de la que hoy carece todavía. Dos son las causas principales de esta inestabilidad; una, la

CUADRO NÚM. 59

Esquema de un Instituto de Transporte Aéreo



falta de legislación multilateral que unifique los derechos comerciales del transporte y las fórmulas de explotación; otra, las dificultades económicas nacidas, en parte, de la disparidad entre los valores adquisitivos de las monedas y sus cambios oficiales, porque en esta disparidad puede encontrarse una forma de competencia que favorezca a uno de los países en detrimento de otros, y en parte también por la carencia o al menos dificultad de material aéreo, cuyo mercado está hoy en los Estados Unidos aproximadamente en el 80 %, lo que dificulta el ejercicio práctico de la reciprocidad teórica que es base de los acuerdos internacionales. A esas causas reales en la previsión de una empresa, se une otra más artificial, como es el deseo de las empresas —y de los países que las abanderan—

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

de tomar posiciones para competencias futuras, de lo que resulta lógica explicación de los balances desafortunados de algunas grandes empresas de transporte aéreo, a la vez la justificación de la conveniencia de ayudas extraordinarias estatales en el período de establecimiento del servicio.

Sin embargo, el transporte aéreo no alcanzará pleno sentido y vigor mientras no consiga interesar a la iniciativa privada. Esta misma idea se deduce de la transcripción anteriormente hecha, de los fundamentos de la política aérea inglesa para el futuro; consideración de gran interés por venir del responsable oficial del Ministerio de Aviación Civil, en un país bajo la égida de nacionalizaciones. En lo que atañe a España, la empresa estatal Iberia ha probado sin lugar a ninguna duda, que es una empresa eficiente, con un aprovechamiento especialmente intenso de la modesta flota comercial que posee, útil en el desarrollo de una política exterior que lleva nuestra bandera a países lejanos; países en los que siempre se estimó conveniente apoyar, incluso económicamente, el mantenimiento de medios nacionales de transporte. Sin embargo, en lo que atañe a una gran cantidad de recorridos, que pueden ser productivos por sí, muy particularmente todos los de cabotaje (tráfico doméstico) que no están sujetos a competencia extranjera, la experiencia prueba que puede ser ya estimulada la iniciativa privada, ahorrando de este modo al Estado cargas financieras para un desarrollo amplio y generoso de la red de servicios aéreos comerciales, tanto regulares como por contrata. A ello parecen contribuir el Decreto por el que se creó en España el llamado tráfico irregular, y la Ley de Bases del Código de Navegación Aérea, que antes se comentó. Paralelamente al desarrollo de empresas totalmente privadas, la empresa estatal —con paulatina intervención de la iniciativa privada— puede aportar inestimable experiencia en la puesta en marcha de servicios y en el desarrollo de aquellos otros que respondan más a consideraciones políticas que económicas, constituyendo un auténtico banco de pruebas que puede dar realidad práctica a las concepciones teóricas del Instituto de Transporte Aéreo, mientras asegura la intervención del Estado, si fuere necesaria, para corregir malas explotaciones de servicios. Aportando esta experiencia desarrollada a su costa, el Estado ejerce función protectora y promueve nuevas actividades económicas que, en definitiva, benefician al total de la economía nacional.

Período de transición puede ser la concesión de subvenciones y subsidios, particularmente para la apertura de nuevos servicios en los que hay que acostumbrar al usuario, especialmente mientras duren las dificultades para adquirir material volante adecuado y se vean obligadas las empresas a utilizar material de inferiores condiciones para una explotación económica. La concesión de estas ayudas directas o indirectas puede llevarla a cabo el Estado por medios diversos que se examinan brevemente a continuación:

La fórmula más simple de subvención es el pago de primas kilométricas, porque estimulan el aumento de kilómetros volados al año y, por lo tanto, la oferta de capacidad hecha al público, asegurando el pago de una parte de esa capacidad. Si las primas están bien concebidas, de acuerdo con la economía propia del medio de transporte, y si la oferta de capacidad responde a acertado juicio sobre la potencialidad del tráfico, las primas desarrollan el transporte y pueden ir paulatinamente reduciéndose hasta desaparecer. Sin embargo, por contraposición de las dos condiciones —primas mal concebidas o inadecuada oferta de capacidad— el sistema puede resultar inoperante incitando a que los operadores no empleen toda la energía necesaria en resolver sus propias dificultades. Este sistema, en consecuencia, precisa ir acompañado de una intervención del Estado que vigile el buen régimen económico. Con todo, se comprende que la Hacienda Pública lo rehuya y lo limite sólo a los casos de justificación suficiente, como puede ser, por ejemplo, el actual intento de transporte aéreo de carga.

Sistema más amplio se encuentra en los subsidios y pagos por contrata, mediante los cuales el Estado, o en su caso Corporaciones Locales, aseguran una parte de la capacidad ofrecida reteniéndola para sus propios fines. El subsidio entonces equivale al pago con una tarifa mayor de la que correspondería sobre base estrictamente comercial; sería, pues, la suma de la tasa propia de servicio, con otra tasa de necesidad, basada esta última en la que tiene la compañía aérea de una ayuda financiera en su período inicial. Esta es, por ejemplo, la opinión de la llamada Comisión Finletter (del Congreso de los Estados Unidos) al fijar los fundamentos de la política aérea norteamericana. Entre estos subsidios el más natural, por las características mismas del transporte aéreo, y acaso el más importante es la contrata de correo, que en los Estados Unidos sirvió desde 1918 para facilitar ayuda financiera a las empresas de transporte aéreo. En el cuadro núm. 60 figura lo pagado a las empresas de transporte aéreo por la Administración de Correos en los Estados Unidos y lo recibido del público por el mismo concepto; el cuadro pone de manifiesto que a partir de 1938 comenzó a ser rentable la operación y que produjo al final de 1944, al Estado norteamericano, el beneficio de más de 68.000.000 de dólares, lo que prueba que la financiación de primer establecimiento fué bien concebida. Por otra parte, el avión ofrece al correo la característica que ésta necesita, la pronta

CUADRO NÚM. 60

COMPARACIÓN ENTRE LO PAGADO A LAS EMPRESAS AÉREAS Y LO RECIBIDO DEL PÚBLICO, POR CONCEPTO DE CORREO, EN LOS ESTADOS UNIDOS

Años	Pagado a las empresas aéreas (Dólares)	Recaudación postal del público (Dólares)	Diferencia para el Estado (Dólares)
1930	14.618.232	5.272.616	— 9.345.616
1931	16.943.606	6.210.345	— 10.733.261
1932	19.938.123	6.016.280	— 13.921.843
1933	19.400.265	6.116.442	— 13.293.823
1934	12.129.960	5.737.536	— 6.392.424
1935	8.814.296	6.589.534	— 2.224.762
1936	12.104.797	9.702.676	— 2.402.121
1937	12.938.577	12.439.579	— 498.998
1938	14.564.257	15.301.210	+ 736.953
1939	17.020.169	16.326.358	— 693.811
1940	19.425.732	19.122.906	— 302.826
1941	20.687.220	23.920.465	+ 3.233.245
1942	23.473.170	33.417.367	+ 9.944.197
1943	23.308.477	62.818.568	+ 35.510.091
1944	28.558.559	103.000.000	+ 74.441.441
		TOTAL	+ 68.066.442

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

entrega, justificando ello sobradamente el mayor costo de la tarifa postal aérea, pues queda en proporción con el mayor recorrido medio, como lo prueba también para los Estados Unidos el cuadro núm. 61. Sería aconsejable que en España se promoviera también un programa de este tipo, previo estudio conjunto de la Administración por los organismos de Correos y de Aviación Civil.

Medio indirecto, pero también provechoso, se encuentra en que la legislación ofrezca procedimientos de apoyo para la financiación de las empresas, sin que sea necesario inmovilizar grandes capitales. Esto es particularmente interesante para la creación de pequeñas redes de alimentación y de dispersión, que vengan a resolver con frecuencia problemas locales. Un positivo avance en esto se encuentra en la posibilidad de hipotecar las aeronaves, así como de alquilarlas —incluso al extranjero—, para procurarse créditos. Puede esto promover posibles ayudas por parte de corporaciones locales o provinciales, en favor de empresas con explotaciones de carácter general que les aseguren la resolución de problemas que tengan aquellas corporaciones.

CUADRO NÚM. 61

PROMEDIO DE DISTANCIAS EN MILLAS RECORRIDAS POR EL CORREO EN EE. UU., SEGÚN EL MEDIO DE TRANSPORTE

(Post Office Department)

Clase de correo	Años fiscales					
	1938	1939	1940	1941	1942	1943
1.ª clase (en ferrocarril)...	481	478	479	468	465	475
Correo aéreo (doméstico)	1.464	1.397	1.400	1.379	1.382	1.396

Finalmente, un sistema de evidente ayuda por parte del Estado está en promover mejoras de carácter técnico, tanto en la busca de material volante de explotación más económica, como en la organización de una red de rutas y de aeropuertos que permita en el tráfico gran regularidad. El factor primero en la economía del transporte aéreo sigue siendo la carga transportada por unidad de potencia motriz; su aumento, así como la fabricación de aeronaves a precio relativamente bajo, depende del estímulo que el Estado preste para la investigación y para la producción aeronáutica. A su vez, la regularidad en el tráfico aéreo obra en las tarifas doblemente; a medida que el tráfico logra un flujo más regular y constante disminuyen en espera y tiempo perdido, ahorrando así vuelo inútil; mientras que la garantía de salir y llegar a una hora determinada estimula, a su vez, el interés del público. La regularidad es una consecuencia inmediata de una buena red de rutas y de aeropuertos; la situación de éstos en relación con las ciudades a que sirven es también de la mayor importancia, porque en el transporte interesa, en definitiva, la velocidad de puerta a puerta y no la propia de crucero del medio de locomoción empleada.

La contrapartida de toda subvención o subsidio debe buscarse en la reglamentación económica de las explotaciones. La intervención del Estado en este aspecto debe garantizar que las subvenciones no conducen a competencia abusiva con otros medios de transporte. El método podría desarrollarse en tres fases: por la primera, examen de los supuestos para el planteamiento del servicio, tomando en consideración toda clase de interés, buscando que la ruta, la capacidad ofrecida y la tarifa respondan, a la vez, al potencial de tráfico previsto y a las necesidades reales que tenga la zona para ser servida; por la segunda, concesión de un tiempo prudencial para afianzamiento y estabilización del servicio, que, según la práctica, es alrededor de tres años, vigilando entre tanto la economía de la explotación; por la tercera, reajuste de tarifas y de subvenciones o, en su caso, supresión del servicio, si con la práctica no se han comprobado los supuestos por los que se inició.

En definitiva, en orden al transporte nacional o de cabotaje, las aspiraciones pudieran consistir en:

a) Conseguir tarifas de 0,75 pesetas por pasajero/Km. y 3,00 pesetas por Tm./Km. de carga, lo cual puede hacerse:

1 por mejora del rendimiento en el material volante, estimulando a la industria nacional o dando facilidades de importación;

2 por reducción de impuestos sobre el combustible y sobre la explotación;

3 por subsidios indirectos, en forma de contratas de correo o de cualquier otra clase;

4 por subvenciones directas cuando se trata de establecer servicios de interés público, pero sin rentabilidad propia.

b) Designar esferas preferentes de actividad para los diversos métodos de transporte, de modo que el Estado favorezca preferentemente a los servicios en cada caso seleccionados, pero sin negar posibilidades a los no seleccionados.

c) Coordinar el uso de los diversos medios de transporte, de forma que el viajero y el transportista de carga encuentren fácilmente la posibilidad de combinar en un solo billete diversos medios de locomoción.

d) Activar la construcción de la red nacional de rutas aéreas y de aeropuertos, previo un estudio fundamentado de las potencialidades de tráfico y de las necesidades locales que conduzca a la determinación del esqueleto fundamental y del orden de urgencia en la construcción; parece aconsejable, igualmente, concentrar esfuerzos dentro del orden de urgencia formado para ganar tiempo en la construcción completa de las instalaciones principales, evitando la dispersión, que causa retraso y envejecimiento.

e) Promover investigaciones y experimentos, así como divulgar resultados por medio de un Instituto de Transporte Aéreo.

13) PROGRAMA EN EL TERRENO INTERNACIONAL.

En el terreno internacional, el problema del transporte aéreo es aún más complejo, porque, a las dificultades propias del medio de locomoción, se unen arraigados conceptos de soberanía que conducen a falta de uniformidad en las regulaciones internacionales. En la actualidad tiene España otorgados Convenios, Acuerdos o simples autorizaciones en régimen de «modus vivendi» para que utilicen los aeropuertos españoles compañías de transportes de los Estados Unidos, Inglaterra, Francia, Portugal,

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Bélgica, Holanda, Suecia, Italia, Suiza, Argentina, Brasil, Filipinas, Venezuela, Colombia, Cuba y Méjico. Cada una de estas negociaciones bilaterales está presidida por un signo diferente, buscando como es lógico la mutua satisfacción de las necesidades de los dos países comprendidos en cada negociación bilateral. Tal diversidad de negociaciones conduce a heterogeneidad en los puntos de vista y en las concesiones. Parece por ello más aconsejable el logro de un Convenio multilateral, que obligando a todos los países que a él se subscriben, produzca normas generales y homogéneas de conducta; ese fué el propósito esencial de la Organización Internacional de Aviación Civil, que intentó resolverlo en 1944, en Chicago, y que prosiguió en 1946 y 1947 en Montreal, y en 1948, en Ginebra, pero que en la actualidad no ha logrado encontrar solución definitiva.

Los aspectos internacionales del transporte aéreo, aún no bien experimentados, provocan disyuntivas entre aspectos a veces contradictorios, entre los cuales es difícil elegir por falta de elementos de juicio. Además, a los problemas técnicos y económicos internos del transporte aéreo se unen los que provoca en la balanza general del comercio exterior, en la cual entra el transporte como servicio que se paga, a la vez que por causas acaso provisionales, pero hoy agobiantes, es preciso resolver paralelamente el arbitraje de medios de pago.

La ordenación internacional del transporte aéreo gira alrededor de un número relativamente reducido de aspectos: los derechos de tránsito, los derechos comerciales, las regulaciones de ofertas de capacidad, la justificación de motivo y trazado de las rutas, la clasificación de servicios troncales o de vecindad y, en fin, la posibilidad de ruptura de carga. Cada uno de estos aspectos trae en la práctica otros conexos que complican el problema. Como hitos que marcan el camino seguido hasta ahora en la busca de una doctrina internacional aparecen la Conferencia de Chicago de 1944, el Acuerdo anglo-americano de Bermudas de 1946, el Acuerdo hispano-argentino del mismo año, el Convenio hispano-francés de 1948 y, en fin, los diversos intentos de Convenio multilateral que culminaron en la Reunión de Ginebra de 1948.

El reconocimiento de la soberanía de los países, sobre todo el espacio aéreo que se superpone a su respectivo territorio más las aguas jurisdiccionales, trae consigo dos consecuencias inevitables si tal soberanía no ha de cerrar el natural desarrollo del transporte; una, es la obligación por parte de los Estados de garantizar un mínimo de seguridad en el vuelo, corriendo a su cargo la organización técnica de los aeropuertos y de las rutas, de tal modo que las ayudas de navegación y las reglas del aire sean similares en todos los países; la otra, es la necesidad de definir los derechos que se ceden a otros países, o a las empresas aéreas de los mismos para que puedan transitar y comerciar dentro del espacio aéreo que a cada país corresponde. De este modo surgió la definición de las llamadas cinco libertades; primero, la libertad de sobrevolar, en el llamado «tráfico inocente», el espacio aéreo de un país por parte de una aeronave extranjera que sólo se vería obligada a cumplir con las reglas de navegación y con las de policía de la circulación aérea; segunda, la libertad de escalas técnicas, o sea la de aterrizar en un aeropuerto para proveerse de combustible, víveres, repuestos o accesorios, que permitan proseguir el viaje, realizando así vuelos mucho mayores que los del radio de acción de la aeronave. La concesión de estas dos primeras libertades agrupadas constituyó el Acuerdo de Tránsito de Chicago, que firmaron en 1944 más de 50 países, asegurando con ello la posibilidad de volar sin reserva por una muy gran parte del espacio aéreo mundial, ya que en el espacio de soberanía de cada país está comprendido no solamente el territorio metropolitano, sino también colonias, con dominios, protectorados, etc.

La tercera y cuarta libertad agrupan, con diferentes matices, el tráfico entre sólo dos países; uno de ellos el de la aeronave que vuela; en fin, la quinta libertad incluye la posibilidad de que una aeronave cualquiera tome en un país ajeno tráfico para otro país diferente. De estas libertades solamente se excluye en la gradación la de transportar pasaje, carga o correo entre dos puntos de la misma soberanía; concepto de cabotaje que se reserva a las aeronaves del correspondiente país y que, por lo tanto, no está sujeto a la ordenación internacional. La tercera, cuarta y quinta libertades, constituyen, agrupadas, el Acuerdo de Transporte o de derechos comerciales, que también fué redactado en Chicago en 1944, pero que fué subscrito por muy pocos países, recelosos los demás de consecuencias imprevisibles por la poca experiencia del problema. La concesión de estos derechos en mayor o menor grado es justamente el nudo gordiano de toda la política aérea internacional, sujeto a muy diversas fórmulas interpretativas en el campo del Derecho Internacional. La quinta libertad fué limitada en el Acuerdo de Bermudas por la defensa de los tráficos regionales y locales, entendiendo que si bien las líneas troncales de muy largo recorrido necesitan gran libertad para alimentarse en las etapas intermedias, no debe ello suponer indebido perjuicio para la existencia de servicios regionales y locales; mientras que la doctrina argentina de 1946 estableció el derecho de los países al tráfico que en su territorio se origina, con carácter exclusivista, lo que en definitiva conduce a compartimentar el tráfico mundial en servicios exclusivos de las tercera y cuarta libertades. En el Convenio hispano-francés de 1948 se estableció una defensa substancial y categórica de los servicios de vecindad, entendiendo como tales los que se hacen entre dos países sin etapa intermedia en ningún tercer país, tanto salvando mares como por encima de una frontera física común; mientras que entre dicho año y 1949 los intentos por llegar a un convenio multilateral culminaron en Ginebra con el concepto de quinta libertad complementaria, según el cual la alimentación de tráfico que proporcionen las etapas intermedias en terceros países sólo tienen carácter complementario del tráfico principal, de origen a término, que ha debido justificar la iniciación de la línea troncal.

Un proceso igualmente complicado han seguido los problemas de regulación de capacidades ofrecidas y de justificación de trazado de rutas. Puesto que «oferta de tráfico crea tráfico», es admirable que se ofrezca en conjunto una capacidad mayor que la demanda de tráfico comprobada, pero no con tanta diferencia que conduzca a métodos de competencia abusiva, provocando el desgaste económico de una empresa en beneficio de otra. Por análogo razonamiento deben también limitarse aquellos trazados de ruta que no sean razonablemente directos, porque todo aumento de recorrido supone perjuicio del usuario o rebaja voluntaria del explotador. En definitiva, el objeto fundamental es siempre ofrecer al público la mayor facilidad posible para trasladarse adonde quiera y cuando quiera, pero regulán-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

dolo en forma tal que se eviten competencias ilícitas que habrían de repetir la mala experiencia que ya se produjo en la navegación marítima.

Los Convenios internacionales se basan siempre en la concesión de derechos recíprocos, pero esto queda con frecuencia en teoría por imposibilidad material de llevarlo a la práctica a causa de falta de medios para ello en alguna de las dos partes; es el caso actual del transporte aéreo español, falto de aviones modernos que puedan establecer competencia normal con empresas extranjeras. Sin embargo, el simple enunciado teórico de la igualdad de ocasiones para desarrollar el tráfico, provoca una disyuntiva entre el natural deseo de todo país de paso —como es España— de favorecer la llegada de muchas empresas extranjeras, y, de otra parte, el deseo de defender a las empresas propias reservándoles tráfico; el primero de los supuestos conduce, en el límite, a concesión sin restricciones de la quinta libertad, mientras que el segundo conduce, en el límite, a la negativa de esa libertad. En el caso particular de España, el problema se aguza más, porque nuestras posibilidades geográficas y económicas nos permiten aspirar a la existencia de empresas españolas de transporte aéreo internacional, que sean por lo menos un término medio entre las más potentes y las más modestas; de tal modo que si en un caso conviene a España la libre competencia, en otro no puede menos de negarla. El cuadro núm. 62, con la comparación de precios y tiempos en diversos recorridos internacionales desde Madrid, permite hacerse idea de las inmensas posibilidades del transporte aéreo en el campo internacional y de las ventajas que puede ofrecer al viajero español.

España tiene una situación geográfica de privilegio para constituir una buena plataforma de dispersión del tráfico, pero su potencial emigratorio y las relaciones de regreso que la emigración lleva consigo, junto a razones de política exterior, le aconsejan emplearse a fondo en el transporte a lejanos países hispanoamericanos. Como plataforma de dispersión conviene estimular el paso de los grandes servicios aéreos troncales para que aeropuertos españoles se conviertan en centros de dispersión de servicios regionales o de vecindad, con etapas de recorrido medio hasta más o menos 1.500 Kms., reservando, en consecuencia, el ejercicio de estos servicios regionales. Por el segundo supuesto, en cambio, se llega a la limitación de competencias en las rutas con dichos países hispanoamericanos, mientras no importaría dar facilidades para que a España llegaran abundantes servicios europeos y africanos que alimentaran indirectamente a las rutas troncales.

La consideración de rutas aéreas razonablemente directas, que limiten la oferta de capacidad por el potencial de tráfico de origen a término está, en cierto modo, en contradicción con otras posibilidades españolas, como es la captación de turismo por medio de billetes combinados, incluso con posibilidad de interrumpir viaje deteniéndose algún tiempo en cada etapa. En el primero de los supuestos no pasarían por España más que ciertos servicios, cuyas rutas atraviesen naturalmente España, pero el pago de esos servicios y la consiguiente transferencia de pesetas estarían en cierto modo vigiladas, sujetos a cifras previsibles dentro de ciertos márgenes. En el segundo de los supuestos, en cambio, el interés del público quedaría mejor atendido, a la vez que con ello habría de abrirse camino para una mayor entrada de turismo en nuestro país.

Podrían seguirse citando disyuntivas semejantes, entre los diversos intereses nacionales que persiguen fines diferentes con el transporte aéreo. A la vista de las señaladas y de las consideraciones de España como factor geográfico, puede deducirse que un programa internacional debe estar guiado, a la vez, por dos propósitos fundamentales; uno, el apoyo a alguno de los aeropuertos transoceánicos, especialmente el de Madrid para que se transforme en centro importante de dispersión de tráfico en Europa; otro propósito, el de lograr por convenios internacionales la mayor masa posible de pasajeros/kilómetro que permitan desarrollarse a nuestras empresas aéreas. Ambos propósitos están, a su vez, forzados por la característica general que en transporte aéreo presentan las naciones europeas, como es el hecho de que sus tráficos de vecindad (o regionales) equivalen en longitud de etapa y en volumen, a muchos de los tráficos domésticos de otros países de mayor superficie territorial, como sucede en Brasil y Argentina, por no decir Estados Unidos que

CUADRO NÚM. 62

COMPARACIÓN DE RECORRIDOS EN DIVERSOS MEDIOS DE LOCOMOCIÓN

RUTAS	En coche cama doble		En barco, camarote 2 y 4		TOTAL		En avión	
	Precio Pesetas	Tiempo	Precio Pesetas	Tiempo	Pesetas	Tiempo	Precio Pesetas	Tiempo
De Madrid a:								
Lisboa - Nueva York	599	13 h.	8.750	14 d.	9.349	14 d. 13 h.	9.190	18 h.
Cádiz - Buenos Aires	541	14 h.	16.400	16 d.	16.941	16 d. 14 h.	12.505	36 h.
Port-Bou - Roma	1.548	2 d. 11 h.			1.548	2 d. 11 h.	1.700	4 ½ h.
Barcelona - Roma	589	15 h. 15'	1.500	23 h.	2.089	1 d. 14 h.	1.700	4 ½ h.
Hendaya - París	1.052	18 h.			1.052	18 h.	1.305	4 ½ h.
París - Londres	1.542	23 h.			1.542	23 h.	1.700	5 h.
Ginebra	1.335	33 h.			1.335	33 h.	1.400	4 h.
Lisboa	599	13 h.			599	13 h.	700	2 h.
Vigo - Habana	618	15 h.	13.200	18 h.	13.818	18 d. 15 h.	10.712	22 h.
Vigo - Méjico	618	15 h.	13.642	23 d.	14.260	23 d. 15 h.	11.707	27 h.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

nos ha servido de experiencia y término de comparación a lo largo de este estudio. El tráfico internacional aéreo está indirectamente favorecido cuando en el país existe en pleno desarrollo el transporte aéreo doméstico. Aparece aquí de nuevo, por razones económicas, el escalonamiento de transporte que ya se examinó por razones técnicas: un esqueleto simple de rutas trasatlánticas y transcontinentales; otro, algo más denso de servicios regionales; y, finalmente, una tupida red de servicios de alimentación con recorridos relativamente cortos. Un país como Estados Unidos, tal que en su extensión territorial caben fácilmente el esqueleto de servicios de recorrido medio (semejantes a los regionales) y la tupida red de servicios locales (de dispersión), con 130.000.000 de habitantes que alimentan los terminales trasatlánticos, tiene evidente ventaja sobre cualquier país europeo. Por cada servicio internacional norteamericano (todos ellos de muy largo recorrido) con sólo una o dos empresas en cada ruta, en competencia vigilada por la Administración, hay en Europa cinco o seis servicios internacionales (muchos de ellos de corto recorrido) a cargo de empresas de países diferentes que responden cada una a diferente Administración. Las aeronaves de gran tonelaje logran así en los Estados Unidos una intensidad anual de uso, cerca del 200 % mayor que en Europa. No es, pues, inusitado suponer que en un futuro próximo se tienda a una confederación de empresas europeas o de países en lo que atañe al transporte aéreo internacional, que sumando sus esfuerzos pueden restablecer el equilibrio de oportunidades.

14) *RESUMEN Y CONCLUSIONES*

Como resumen de todas las consideraciones expuestas, procede obtener conclusiones, que en cada uno de los aspectos examinados den forma a propósitos substanciales de acuerdo con el progreso del transporte en general y con el del transporte aéreo en particular. Damos por evidente que esto es una labor de primera importancia y de primera urgencia en el panorama español no sólo por las grandes dificultades con que hoy se encuentra el transporte en cualquiera de sus modos, sino también porque en el desarrollo del vasto plan industrial, agrícola y económico que tiene iniciado nuestra patria es indispensable contar con un buen sistema circulatorio formado por el conjunto de diversos medios de transporte, que, al poner en relación regiones y lugares con otros, activen el movimiento de productos, promueva comercio y conduzca a un mejor aprovechamiento del trabajo. Hasta tal punto es así y de tal modo lo prueba la experiencia de que pronto quedan viejas las vías de transporte, que acaso la primera consecuencia fuera no limitar el presupuesto general de gastos, aunque sí pudieran limitarse las anualidades del mismo. No se trata, sin embargo, aquí de un examen exhaustivo del asunto, sino sólo en tanto sea consecuencia de las consideraciones aquí hechas. Para mayor claridad se divide en la forma que sigue:

A) *CONCLUSIONES DE CARÁCTER GENERAL PARA LA COORDINACIÓN DEL TRANSPORTE*

Basadas todas ellas en el propósito de promover un desarrollo equilibrado de todos los medios de transportes, de acuerdo con sus posibilidades técnicas y económicas en relación con el problema general, se descomponen en la forma que sigue:

I. Conviene estudiar el transporte como un conjunto, como unidad de propósito económico y social, realizado por diversos medios entre sí que se acoplan a ese fin uniforme. Por ser uno el propósito y por existir hoy un medio de locomoción —el avión—, que se superpone a los demás, es indispensable considerar el transporte total como una sola entidad, de la cual son solamente aspectos accesorios los que se refieren a los medios de locomoción. Sin embargo, no debe llevarse esta norma más lejos de lo que conviene al objeto principal, que es el logro de un sistema complejo lo más económico posible para el país y para los usuarios. Este examen de conjunto así limitado a los grandes rasgos del sistema de comunicaciones puede desarrollarse por colaboración de los diferentes Organismos del Estado para estudio, tanto de lo que afecta al público, es decir, la tarifa por pasajero o carga como de lo que afecta a la red nacional, o sea, el costo de establecimiento y de entretenimiento de la red de infraestructura.

II. Es aconsejable permitir a cada medio de locomoción que se desarrolle con toda independencia técnica que sea posible respecto a la unidad de acción económica. De esta independencia técnica debe esperarse estímulo mutuo y, por tanto, desarrollo técnico, que permita periódicamente volver a examinar las esferas de acción específico de cada medio de locomoción. El logro de esto aconseja mantener la personalidad técnica y ejecutiva de cada medio de locomoción por Organismos administrativos autónomos, que tengan dentro de sí todos o la mayor parte posible de los elementos técnicos constitutivos de cada transporte; es decir, preparación de la infraestructura, preparación del material móvil, concesión de explotaciones y vigilancia de las mismas, determinación y regulación de tarifas y tasas.

III. La coordinación de los diversos medios de transporte debe comprender, como mínimo, posibilidad de billetes o fletes combinados con horarios coordinados en cada medio de locomoción, facilidades para que el público encuentre reunidos todos los elementos de juicio y las posibilidades que cada medio le presente para su transporte, y, finalmente, vigilancia de que no exista una competencia abusiva, sino que, por el contrario, cada medio de locomoción desarrolle su técnica dentro de su propia economía.

IV. De acuerdo entre todos los organismos administrativos interesados debe examinarse el sistema general de transporte doméstico e internacional, a fin de que en lo posible haya coincidencia entre los puntos terminales del esqueleto fundamental de grandes distancias con los centros de alimentación y de dispersión de recorridos cortos. Deben atribuirse, además, a cada transporte, esferas de acción preferente (en las que puedan coincidir varios transportes), de modo que el apoyo estatal se encamine especialmente a cada medio de transporte en cada esfera.

B) *CONCLUSIONES DE CARÁCTER PARTICULAR DEL TRANSPORTE AÉREO*

Este medio de locomoción no ha encontrado aún en España el grado de desarrollo a que puede aspirar lógicamente. Ello ha sido, en gran parte, debido a dificultades para la provisión de determinados materiales, entre ellos, en primer lugar, material de vuelo. Pero sobre la base de que esta dificultad habrá de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

reducirse en el futuro, procede fijar bases firmes para que el transporte aéreo cuente con medios proporcionados a la economía nacional, en analogía, al menos, con los transportes de superficie. Aparecen así las conclusiones que siguen:

V. Con el presupuesto normal del Ministerio del Aire, que debe atender, a la vez, a la aviación militar y a la aviación civil, sería necesario emplear un número de años excesivamente grande para formar y dotar adecuadamente la red nacional de rutas aéreas y de aeropuertos, sobre todo considerando que la evolución del material aéreo provoca cambios técnicos esenciales por períodos de más o menos diez años en las ayudas de navegación. La organización de tal red fundamental es, sin embargo, de urgentísimo interés para evitar que las corrientes de tráfico internacional se alejen de nuestra patria por no encontrar en ella las ayudas adecuadas. Por otra parte, esa red, que es vital y urgente para la aviación civil, es también aprovechable, en gran parte, para la aviación militar. Esto podría resolverse por colaboración financiera con Corporaciones locales. Acaso fuera también oportuno distinguir lo necesario para la red nacional, de lo que sirve de estímulo para la aviación civil, comprendiendo en lo primero todo lo que se necesita para crear y servir los aeropuertos y las rutas aéreas que se consideren esenciales mediante un estudio del problema por los Organismos interesados, y en el segundo, todo lo que contribuya al desarrollo de las empresas de transporte aéreo y al estímulo y subsidio de la aviación comercial y de la aviación privada, así como al mantenimiento de personal inspector y directivo y de explotación de los aeropuertos.

VI. La personalidad administrativa del Organismo rector de la aviación civil es en España desproporcionada respecto la de otros sistemas de transporte. Parece oportuno reformar tal personalidad, elevándola de rango dentro de la Administración del Estado.

VII. El resultado obtenido hasta la fecha en la construcción de aeropuertos, en la organización de rutas aéreas, en las ayudas a la navegación y, en fin, en la explotación intensiva de nuestra flota comercial, garantiza el acierto de las directrices hasta ahora seguidas en materia de transporte aéreo y, en consecuencia, aconseja mantenerlas, dotándolas de mayores medios para que pueda aumentar la intensidad de trabajo. El objeto debe ser que los planes generales de política aérea, y especialmente la organización de la infraestructura nacional, se encuentren desarrollados en un período mínimo de diez años; período en el que es de suponer que en el resto del mundo se habrán asentado, asimismo, las bases para una colaboración eficaz en materia de transporte aéreo entre todos los países. El ritmo de progreso en este aspecto que se nota en otros países, aconseja que no se pierda tiempo para no desaprovechar posibilidades geográficas de nuestro país.

VIII. Está por analizar y evaluar en España el aspecto económico y social de la aviación civil. Por otra parte, el planteamiento de una explotación comercial responde a una compleja reunión de factores muy diversos, que generalmente no están al alcance del gran público; mientras que, en cambio, la financiación de una empresa de transporte aéreo puede hacerse por su volumen, por iniciativa privada con la participación del pequeño ahorro. Finalmente, la explotación del transporte aéreo es función muy directa de ciertos aspectos de los aeropuertos y de las ayudas de navegación que, en definitiva, regulan el flujo posible de tráfico, de tal modo que una falta de orientación puede dificultar el natural desarrollo de las empresas. Estas tres consideraciones juntas aconsejan la creación de un Instituto de Transporte Aéreo que desarrolle —en lo que atañe a la economía del tráfico y a la organización de la infraestructura— labor semejante a la que hoy desarrolla el INTA, en cuanto facilita a los particulares, a las fábricas y a la Administración elementos de juicio para proyectar y fabricar aviones.

C) *CONCLUSIONES SOBRE PROGRAMA AÉREO NACIONAL*

El objeto fundamental que este programa persigue es el mayor beneficio para el interés público, mediante el logro de tarifas económicas de explotación, así como mayores facilidades de movimiento que las que hoy existen. Se dividen en la forma que sigue:

IX. El sistema del transporte aéreo en España carece aún de líneas cortas de alimentación y dispersión, que podrían, además, servirse con material volante de producción nacional. En lo que afecta a los pasajeros, estas líneas pueden estimularse por la implantación de servicios postales, que sirviendo al objeto principal del correo, como es su pronta entrega, contribuyan a la mejor economía de la explotación. Puede también estimularse por la reducción de tasas e impuestos, como contrapartida del costo relativamente elevado del material volante a que obliga la escasez de oferta de la industria nacional. Un estudio a fondo de los factores que intervienen en la economía del transporte podría fundamentar una labor conjunta de los Organismos estatales de Correos, Hacienda y Aviación Civil.

X. En lo que respecta al transporte de mercancías o de carga propiamente dicho, el transporte aéreo está en España sólo en sus comienzos. El usuario todavía no conoce las ventajas de tal transporte para cierta clase de mercancías y, en consecuencia, no hay justificación para comenzar un servicio regular cuando los transportes por contrata carecen en general de flete de retorno y responden sólo a necesidades esporádicas. Sin embargo, esta faceta del transporte aéreo es importante, y por ello debe contar con estímulo por parte del Estado. Podría comenzarse con servicios mixtos de paquetería y pasaje, análogamente al proceso de otros medios de locomoción, teniendo en cuenta que la tarifa por Kg/Km. de pasaje es mucho más elevada que la tarifa por Kg/Km. de mercancía y, en consecuencia, aquélla servirá de subvención indirecta para acostumbrar al usuario al transporte de paquetería.

XI. El volumen y la urgencia en la construcción de aeropuertos aconseja su financiación por la colaboración de intereses locales con el Estado, mediante Juntas de Aeropuertos. Pueden incluso aceptarse aeropuertos de propiedad local o privada, siempre que su explotación se sujete a normas de la Administración Central. En cambio, la red de rutas y de ayudas a la navegación debe de ser exclusivamente estatal.

D) CONCLUSIONES RELATIVAS A LA ESFERA INTERNACIONAL

El objeto principal es mantener la bandera española en países extranjeros, no sólo por razones de prestigio y de política exterior,

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

sino también por la convicción de que «el comercio sigue al pabellón». Las conclusiones son como siguen:

XII. La situación geográfica de España, junta con su climatología, le permiten ser adecuada plataforma de dispersión del tráfico aéreo dentro del esqueleto de las grandes rutas mundiales de muy largas etapas, transcontinentales y transoceánicas. Esto, junto a una adecuada preparación de su infraestructura y una política de puerta relativamente abierta reflejada en Convenios aéreos, estimulará a las empresas extranjeras para utilizar los aeropuertos españoles y aprovechar así el potencial económico y turístico que España brinda. El aeropuerto de Madrid ofrece condiciones excelentes para servir de centro de dispersión, con posibilidad de originar rompimientos de carga y de ofrecer elementos para reparación y entretenimiento de toda clase de aviones. La presencia de banderas extranjeras abre, a su vez, por reciprocidad natural, otros aeropuertos extranjeros a las aeronaves españolas. Tal política habilita también posibles bases de discusión para el supuesto de que en el futuro se plantee el problema de conjunción de esfuerzos entre empresas europeas, a fin de lograr que el reducido tamaño de los países de Europa no sea obstáculo para un intenso aprovechamiento de la navegación aérea. Debe buscarse, sin embargo, que tal reciprocidad sea efectiva en la práctica y no meramente teórica, buscando fórmulas económicas que resuelvan las dificultades de adquisición de material volante de primera calidad, útil para competencia con empresas fuertes de otros países.

XIII. La explotación de servicios internacionales debe acometerse pesando, en primer lugar, razones de política y de comercio exterior, y sólo, en segundo lugar, las de economía de la explotación. La iniciativa privada puede compensarse por medio de subvenciones directas o indirectas, de preferencia, las segundas por contratos de transporte de carácter oficial. Además de la iniciativa privada debe mantenerse atención estatal, a fin de desarrollar aquellos servicios que no sean de por sí económicamente rentables o que exijan esfuerzos particulares en la competencia con otros países.

XIV. La explotación económica de un servicio aéreo exige masa de tráfico para que el avión pueda aprovechar debidamente su cualidad de gran intensidad potencial de uso. En lo que atañe a pasajeros, ello pide, en general, el mantenimiento de rutas troncales que se alimenten en etapas intermedias por concesiones de la quinta libertad. En lo que atañe a las mercancías y carga en general, el problema es mucho más importante que el análogo en la esfera nacional, porque el transporte internacional de mercancías permite abrir nuevos mercados y es una palanca importante para el logro de grandes unidades económicas. En lo que a las mercancías atañe, las empresas españolas necesitan ser subvencionadas directamente con primas a la navegación, o bien, indirectamente, por concesión de cambios especiales en las divisas extranjeras recaudadas.

E) *CONCLUSIONES RELATIVAS A LA PRODUCCIÓN AERONÁUTICA*

Parte del propósito de liberar al país paulatinamente, de la servidumbre de adquirir en el extranjero la mayor parte del material volante y mucho del material de infraestructura. Sus conclusiones pueden ser:

XV. La producción de material reclama mayor intercambio de informes y de propósitos entre los usuarios y los fabricantes para que éstos, con conocimiento de las necesidades reales, puedan resolver los problemas de aquéllos, a la vez que justifiquen su contrapartida de peticiones estudiando no tan sólo la repercusión momentánea, sino también las consecuencias a largo plazo de la falta de un programa industrial. Generalmente, el operador aéreo, preocupado por la importancia inmediata de material moderno, no percibe la necesidad de utilizar el material nacional aunque sea modesto, como camino para el perfeccionamiento de la industria. Esto podría lograrse a través del antiguo Consejo Asesor de Industrias Aeronáuticas, comprendiendo no sólo la producción de material volante, sino también la de material accesorio y de equipo y la del necesario para la red de ayudas a la navegación.

XVI. El desarrollo técnico de la producción aeronáutica de material moderno exige que se impulsen enérgicamente la investigación y la experimentación práctica en general. Esto es particularmente necesario para aleaciones ligeras de primera calidad, motores de explosión y de reacción, elementos y conjuntos electrónicos, aparatos de a bordo e instrumentos de medida; materias todas en las cuales la evolución es constante y en pocos años puede quedarse notablemente en retraso.

XVII. La investigación debe ser seguida del proyecto de prototipos cuya iniciativa debe estimularse —dentro de tipos previamente decididos— por medio de premios, y adquirir después el Estado el prototipo que lo merezca para su producción en serie.

XVIII. Además, el desarrollo económico de la produción aeronáutica pide que pueda contarse con programas a largo plazo, para la provisión de materias primas y para el desarrollo de planes de fabricación. Aconseja esto el componer planes de duración relativamente larga, por lo menos, cinco años.

Madrid, mayo de 1950.

Al final de su exposición el autor advierte que el tema de su trabajo es deliberadamente de gran amplitud, ya que abarca todas las facetas del transporte aéreo en sí y en sus relaciones con los otros transportes. Advierte, asimismo, que no ha intentado hacer el análisis a fondo de todos y cada uno de los aspectos del transporte, sino la enunciación de problemas parciales en su relación con el conjunto, en espera, dice, de que especialistas de dichos problemas presenten, después, soluciones concretas.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Abierta por la Presidencia discusión, intervienen:

El Sr. Golfín, que se muestra conforme con el fondo del trabajo, si bien advierte que las estadísticas de los transportes están siempre influídas por factores políticos y de seguridad nacional e internacional, y por ello, duda que se pueda fundamentar en ellas la calidad de aquéllos.

El Sr. Alfaro subraya la importancia de una poderosa industria aeronáutica nacional para combatir la terrible paradoja de que a mayor número de kilómetros volados, corresponda mayor cantidad de divisas gastadas, y añade que, así como el transporte marítimo atrae divisas, el aéreo las consume, y es difícil concebir que España pueda alcanzar gran prosperidad si la industria aeronáutica no se adelanta a las necesidades del transporte aéreo, como ha sucedido con el transporte marítimo.

El Sr. Azcárraga se felicita de las palabras oídas y afirma que su ponencia comparte totalmente estos puntos de vista.

La Mesa encuentra de valor sumo el trabajo del Sr. Azcárraga y cree que puede ser fuente de información, de orientación y de estudio para futuros trabajos, y estima que sus conclusiones deben ser tenidas en consideración por su interés, en cuanto se relaciona con el transporte aéreo.

Por no estar presente el Sr. Vives, se pasa al estudio del trabajo del Sr. Roa Miranda, quien cede la Presidencia al Sr. Nogués y pasa a la tribuna para explicar el trabajo siguiente, número 130:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 130. - Plan de aeropuertos españoles

Autor: D. VICENTE ROA MIRANDA
Ingeniero Aeronáutico

Entre todos los medios de locomoción de que se viene sirviendo el hombre, desde que existe, ninguno ha llegado a adquirir en menos tiempo el grado de perfeccionamiento y desarrollo logrado con el transporte aéreo por avión. Sólo cuarenta y siete años han transcurrido desde el primer vuelo realizado por los hermanos Wright a fines de 1903, y ya nadie desconoce el hecho real de la supremacía del transporte aéreo sobre los otros medios de comunicación y relación entre los pueblos, y las amplias perspectivas y posibilidades que aún se ofrecen a dicho transporte.

Las principales condiciones que debe reunir cualquier moderno medio de transporte pueden resumirse en cuatro: *seguridad, economía, comodidad* y *rapidez*. La seguridad, la economía y la comodidad de los transportes aéreos aumentan de día en día de manera muy apreciable y se trabaja incesantemente en mejorarlas, perfeccionando el material volante y las instalaciones de ayuda a la navegación. Muy recientemente, y como resultado de nuevas instalaciones para el aterrizaje de los aviones en el Aeropuerto Internacional de Nueva York, las Autoridades civiles aeronáuticas americanas han anunciado que los nuevos límites de techo de nubes y visibilidad serán de 200 pies (60 mts.) y media milla (830 mts.), respectivamente, lo que facilita la utilización del aeropuerto en unas condiciones meteorológicas muy desfavorables para el vuelo. Se confía eñ que cuanto estén montados los nuevos sistemas de vigilancia y aproximación al suelo por medio del radar, el referido aeropuerto podrá permitir las maniobras de llegada y salida de los aviones con toda clase de tiempo, hasta el límite pésimo de altura de nubes cero y visibilidad cero. Para llegar a este desideratum se precisa que el aeropuerto tenga sus accesos y alrededores despejados de obstáculos. En cuanto a la *rapidez*, la ventaja a favor de la aviación resulta tan manifiestamente destacada, que no es necesario insistir; la velocidad comercial de 500 Kms. por hora es ya una realidad, y en curso de experimentación en vuelo se encuentran algunos tipos de aviones, como el «Comet», de la Casa Havilland, de propulsión por reacción, con el que se espera alcanzar los 800 Kms. por hora.

Dejando a un lado, por el momento, el material volante, que tanto influye en el tráfico aéreo, éste requiere para su normal desenvolvimiento y para su seguridad el disponer en tierra de *bases aéreas* o *aeropuertos* convenientemente preparados y equipados, para permitir y facilitar las maniobras de despegue y de aterrizaje de los aviones, a la vez que su entretenimiento y reparación, y también para atender todos los servicios inherentes al pasaje, a la correspondencia y a las mercancías que entran, salen o transitan por ellos. El proceso evolutivo de los aviones en estos últimos años no consiente, en la inmensa mayoría de los casos, la utilización de los antiguos campos naturales de aviación, sin más preparación, debido a su falta de dimensiones y a la escasa resistencia del suelo para determinadas cargas. La Conferencia Internacional de Chicago de 1944 y las posteriores de Dublín y de Montreal, han dictado ya algunas normas relativas a las condiciones que tienen que cumplir los aeropuertos, en función de las características del tráfico aéreo que han de servir; en momento oportuno volveremos a tratar con más detalle de lo que a dichas normas se refiere.

Es el aeropuerto moderno un conjunto orgánico de obras, edificios e instalaciones:

— aeropistas, caminos de rodadura, zonas de estacionamiento y de aparcamiento para el despegue, aterrizaje, circulación, carga, descarga y permanencia de las aeronaves.

— hangares, talleres, almacenes, etc., para el alojamiento, entretenimiento y reparación de aquéllas.

— instalaciones de protección del vuelo, aterrizaje y despegue: balizamiento de pistas y obstáculos, aerofaros, radioemisoras y radiorreceptores, radiogoniómetros, dispositivos de aterrizaje, etc.

— estación aérea con su torre de mando para dirigir y ordenar el tráfico aéreo, y con todas las dependencias e instalaciones inherente al mismo: oficinas para las compañías de navegación aérea, servicios de policía, de aduanas, sanitarios, correos, telégrafos, teléfono, radio..., servicios de bar, restaurante, hotel, etc.

— muelles y almacenes de mercancías.

— instalaciones de abastecimiento de agua, energía eléctrica, carburantes y otras.

Este complejo de obras e instalaciones aeroportuarias debe, como es lógico, responder en cada caso a las necesidades previsibles del tráfico aéreo en el centro urbano o región que sirve el aeropuerto, teniendo en cuenta las relaciones de todo orden: político, económico y cultural, que existen o pueden existir entre dicha comarca y el resto de la nación, o entre esta última y los demás países con quienes mantiene trato normal. Para definir, por lo tanto, una política o un programa de aeropuertos, se precisa, en primer lugar, estimar las condiciones o características del pro-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

bable tráfico aéreo nacional e internacional, regular e irregular, incluyendo la aviación de turismo.

No es tarea fácil la de determinar el incremento probable del tráfico aéreo en España, y su distribución en un futuro próximo; son muchas y muy variables las circunstancias que entran en juego para poder precisarlas en su justo valor. De aquí que el Plan que se elabore para establecer una Red de Aeropuertos en la Metrópoli y territorios de ultramar, deba tener la elasticidad suficiente para irse desarrollando por etapas sucesivas, en armonía con las modalidades que vaya adquiriendo el transporte aéreo, de tal forma que todas aquellas obras e instalaciones que constituyen la infraestructura de los aeropuertos y que representan sumas considerables de dinero, puedan tener razonable amortización en el tiempo, y sean proyectadas y ejecutadas con vistas a su posible aprovechamiento y ampliación en todo momento.

El Plan de aeropuertos y aeródromos de los Estados Unidos, aprobado en mayo de 1946 y en curso de realización, consiste en preparar alrededor de 6.000 aeródromos, es decir, un aeródromo por cada 20.000 habitantes. El Plan de equipo de las Bases Aéreas francesas, prevé unos 1.140 aeródromos, de los cuales 800 corresponden a la Metrópoli y 340 a las Colonias, lo que da un promedio de 50.000 habitantes por aeródromo en aquélla.

Los presupuestos que representan estos programas alcanzan a sumas realmente impresionantes por el gran volumen y coste de las obras que llevan consigo. El coste del Aeropuerto de Idlewild (Nueva York), se cifra en más de 200 millones de dólares; el de Pistarini, en Buenos Aires, sobrepasa los 35 millones de dólares. Sin gran precisión, por los errores naturales en estos cálculos estimados, el Plan completo de aeropuertos franceses se valora alrededor de los 500.000 millones de francos, al cambio anterior a la última devaluación. La primera etapa de este Plan, que debiera ejecutarse antes de 1955, representa 300.000 millones de francos (al mismo tipo de cambio indicado) y quedan comprendidas en dicha suma no sólo las obras aeroportuarias propiamente dichas, sino también las instalaciones de ayuda a la navegación, comunicaciones, etc., es decir, el equipo completo de los aeropuertos franceses. Téngase presente que en el citado Plan figuran aeropuertos como el de Orly (transcontinental, categoría A), cuyo coste no bajará de 15.000 millones de francos.

Sin llegar a las proporciones arriba enumeradas y dadas nuestras circunstancias y posibilidades de todo orden (situación geográfica, orografía del país, distribución demográfica, recursos económicos, etc.), se podría aspirar en una primera fase a disponer de un aeropuerto o aeródromo por cada 200.000 españoles, es decir, una densidad equivalente a la décima parte de Norteamérica y a la cuarta parte de Francia, con lo que resultarían unos 150 aeropuertos y aeródromos entre la Península, Baleares, Canarias, África Occidental, Guinea y Protectorado de Marruecos, de los que corresponderían unos 125 aeródromos a la primera y los 25 restantes a los otros territorios de ultramar. Teniendo en cuenta los presupuestos antes indicados, el Plan de aeropuertos españoles exigiría un gasto aproximado equivalente a 65.000 millones de francos (al cambio antes mencionado), es decir, el 13 % del presupuesto del Plan francés, lo que representa 4.875 millones de pesetas, admitiendo un cambio de 7,5 %.

Aunque a primera vista parezca muy elevada esta cantidad, considerada en absoluto, no lo es tanto si se piensa en el futuro del transporte aéreo en un plazo no inferior a diez años, y si se la compara con el coste de la red de carreteras o la de ferrocarriles con todas sus obras de ingeniería, o aún con el coste de los puertos españoles con sus instalaciones y medios auxiliares.

No se debe olvidar que España ocupa en el mundo situación geográfica y aeronáutica privilegiada, y que esta situación nos impone la obligación de recoger y facilitar el tráfico aéreo internacional, que entre, salga o transite por ella; y que exige la preparación en nuestros territorios de una red de aeropuertos bien equipados. Olvidar estas circunstancias sería cometer grave error, del que no tardaríamos en arrepentirnos, porque la corriente de actividades de todo orden, que tiene su encauzamiento por la vía aérea, y cuyo impulso creciente no está en nuestras manos refrendar, se desviaría, buscando otras rutas que le ofrecieran mayores facilidades.

Nos venimos refiriendo hasta aquí al tráfico aéreo civil propiamente dicho, sin tener en cuenta las necesidades de la aviación militar, que son también muchas y muy amplias, en orden al acondicionamiento de sus bases aéreas, y de sus instalaciones auxiliares de protección de vuelo. Del mismo modo que el material volante guarda bastante semejanza en sus dos versiones de avión militar o avión civil, pues se utilizan las mismas estructuras (acondicionadas y equipadas de modo adecuado, según el objeto a que se las destina) e iguales aterrizadores, motores, hélices, instrumentos de navegación, etc., también las bases destinadas al tráfico aéreo civil o a las actividades aéreas militares tienen mucho de común, y pueden, por lo tanto, servir para las dos misiones en gran número de casos. Las aeropistas, caminos de rodadura, balizamiento, instalaciones de ayuda a la navegación (radiofaros, radiogoniómetros, dispositivos de aterrizaje) y otras, pueden ser utilizadas indistintamente por los aviones militares y civiles, y no hay razón para que no se aproveche un mismo aeropuerto para cubrir las dos actividades aviatorias, siempre que otras circunstancias no aconsejen la separación total de ambos servicios. Estos *aeropuertos mixtos* pueden estudiarse perfectamente con la doble finalidad indicada, alejando y delimitando completamente las zonas de edificios e instalaciones propias de cada uno, y conciliando las necesidades correspondientes por medio de una reglamentación adecuada. Como el acondicionamiento de la plataforma de vuelos de un aeropuerto y sus instalaciones de protección del vuelo representa el 70 % del coste total del mismo, salta a la vista la importancia que en el aspecto económico nacional adquiere el acoplamiento de las actividades aéreas civiles y marciales en los aeropuertos mixtos. Ciertamente que tienen que existir algunos grandes aeropuertos comerciales, en los que la intensidad del tráfico civil no permite la coexistencia con otras actividades aéreas militares, y asimismo, algunos centros militares de enseñanzas, de experimentación o de utilización de material o instalaciones que deban ser secretas, que necesitarán disponer de bases exclusivamente militares. Con excepción de estos contados casos, las conveniencias nacionales deben tender a la habilitación y equipado de aeropuertos mixtos. En España, donde la aviación militar fué el tronco del que nació la rama civil, y que en todo momento ha tenido un volumen e importancia incomparablemente mayor que esta última, una buena parte de las bases aéreas han sido y son aeródromos militares, sobre los que se han ido realizando las obras e instalaciones necesarias al tráfico aéreo civil,

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

y así se han convertido paulatinamente en aeropuertos mixtos o aeropuertos militares abiertos al tráfico.

Por otra parte, y dada la decisiva influencia del arma aérea en una futura guerra, el disponer de una buena red de aeropuertos civiles y mixtos, que permitan un rápido despliegue de unidades aéreas en caso necesario, constituye una aportación de gran valor militar, muy digna, por lo tanto, de ser tomada en consideración, llegado el caso.

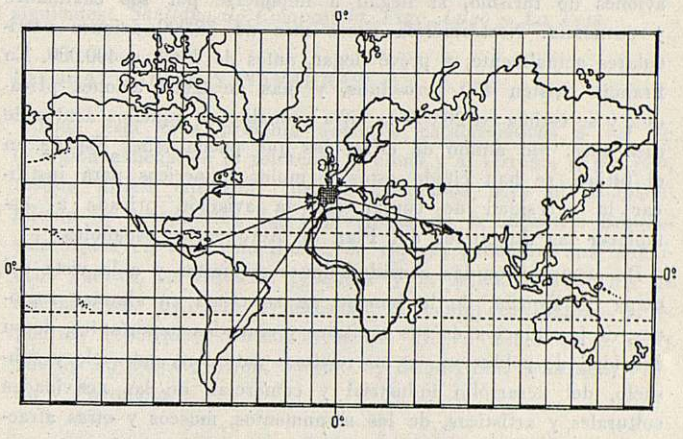
Descartando, por irrealizable y por estimarla sujeta a errores, la idea de cifrar, aunque sea por extrapolación, el tráfico aéreo probable en España dentro de un determinado número de años, vamos, sin embargo, a citar algunos datos estadísticos relativos al transporte aéreo, porque dan idea de la progresión del mismo y pueden ser de utilidad, especialmente si se consideran los de los últimos años a partir de 1945, ya que las anormales circunstancias de los años anteriores a éste, tanto interiores como exteriores, no permiten deducir consecuencias provechosas. En dicho año 1945, el número de viajeros que entraron y salieron de los aeropuertos españoles, fué de 110.074; en el año 1948, tan sólo tres años después, dicha cifra se elevó a 408.204 viajeros, es decir, un aumento del 27 %. Asimismo, el movimiento de aviones, que en 1945 fué de 809, entre llegadas y salidas, alcanzó a 2.727 en 1948. De continuar este ritmo ascendente del transporte aéreo en la misma progresión, se llegaría, en 1955, a más de 1.200.000 entradas y salidas de pasajeros, y a un movimiento superior a 9.000 aeronaves. Por ello, se puede afirmar con fundamento que el transporte aéreo en España crece de año en año en proporciones insospechadas, y, desde luego, incomparablemente mayores que los transportes marítimos o terrestres, que han llegado ya a fases más estables en su desarrollo. Las estadísticas oficiales para estos transportes en el mismo período de 1945 a 1948. ambos inclusive, arrojan los siguientes resultados:

Transportes marítimos: *disminución* de los pasajeros transportados desde 1.482.156 en 1945 a 1.225.488 en 1948, es decir, un *17* % (entradas y salidas). El movimiento de mercancías pasa de 20.600.400 Tm. en 1945 a 24.224.400 Tm. en 1948, con un *aumento* de *17,6* %.

Transportes ferroriarios: *aumento* de los viajeros transportados desde 100.476.000 en 1945 a 115.080.000 en 1948, es decir, un *15* %. El movimiento de mercancías pasa, de 25.992.000 Tm. en 1945, a 22.656.000 Tm. en 1948, con una *disminución* del *12,8* %.

Transportes mecánicos por carretera: *aumento* de los viajeros transportados, desde 131.736.000 en 1945, a 195.660.000 en 1948, es decir, un *49* %.

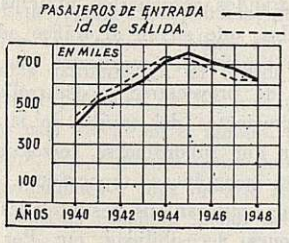
La situación geográfica de nuestro país en el extremo sudoeste de Europa, a caballo sobre los mares Atlántico y Mediterráneo y



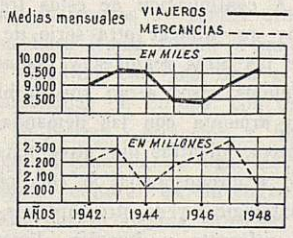
próximo al Continente africano, señala, en cierto modo, las corrientes de tráfico aéreo transoceánico, transcontinental e internacional, que de un modo más destacado nos afectan. Constituye, en efecto, nuestra Península, una plataforma aérea de la mayor importancia, para los transportes de esta índole, por ser el paso forzado de las líneas que enlazan el Occidente europeo con el Continente africano; de las que unen Europa con América del Sur y de todas las que se dirigen desde el Continente americano a España, países mediterráneos y Oriente Medio. Esta circunstancia, y la necesidad de mantener buenas comunicaciones aéreas con las otras naciones europeas, determinan las rutas aéreas internacionales que más nos interesan, y sientan los primeros jalones o directrices de nuestra política de aeropuertos, en lo que concierne al tráfico exterior. Es indudable que el transporte aéreo de larga distancia, como el transoceánico, requiere aeronaves de gran radio de acción, de gran velocidad y de gran capacidad de carga útil, es decir, aviones de gran peso y grandes dimensiones, que necesitan aeropuertos dotados con pistas de grandes longitudes y firmes adecuados, que les permitan realizar con seguridad todas las maniobras de despegue y aterrizaje. En este mismo orden de ideas y en relación con las modalidades de cada caso, se irán escalonando en importancia los aeropuertos destinados al tráfico transcontinental e internacional, y, finalmente, los que sólo sirven al tráfico nacional y local.

Otro elemento interesante que se debe tener en cuenta para la estimación del tráfico aéreo futuro es la aviación particular, que, aunque en España se encuentra todavía en estado embrionario, es de esperar que, al igual que ocurre con el automovilismo, llegue,

Transportes marítimos

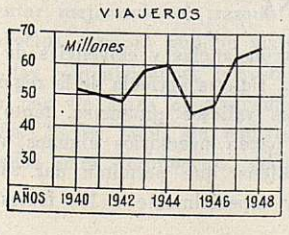


Tráfico de viajeros y mercancías transportados por la RENFE



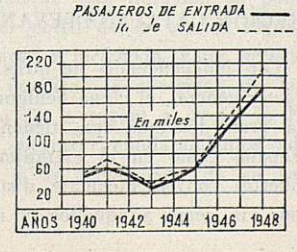
Transportes mecánicos por carretera

Líneas regulares de transporte



Transportes aéreos

Tráfico de los aeropuertos españoles



FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

con el tiempo, a adquirir desarrollo grande, y a necesitar, por consiguiente, de aeródromos o aeropuertos adecuados, que, sin entorpecer el tráfico público o las exigencias de la aviación militar, le permita cubrir sus necesidades. No es problema técnico el de la construcción nacional de aviones de turismo de coste razonable, de sostenimiento económico y que ofrezcan, al mismo tiempo, las garantías necesarias de seguridad y comodidad; todo depende de la importancia de las series que se construyan, y en esta circunstancia radica la mayor dificultad con que tropieza el desarrollo de la aviación privada en nuestro país. Ahora bien, del mismo modo que sin construirse aún el automóvil ligero en España, hay en circulación un crecido número de ellos, de procedencia extranjera, así ocurrirá en lo sucesivo con los aviones de turismo, si llegan a imponerse por sus cualidades y economía. Norteamérica posee más de 75.000 aviones particulares actualmente, y prevé llegar, antes de 1960, a 400.000. En Francia existen 450 aero-clubs, y más de 2.000 aviones privados, y se estima en 20.000 la cifra probable de aquéllos dentro de diez años. Sin ánimo de cifrar los que pueda tener España en el futuro, se han citado estos ejemplos numéricos para justificar la necesidad de contar con la aviación privada al establecer las directrices del Plan de Aeropuertos españoles.

De acuerdo con las consideraciones expuestas y a la vista del mapa de España, de la bondad de su clima en algunas regiones, de la situación de sus capitales y ciudades importantes, de su densidad de población, de los recursos naturales, del suelo y subsuelo, del desarrollo industrial y comercial, de las actividades culturales y artísticas, de los monumentos, museos y otras atracciones de interés turístico, y, en una palabra, de las circunstancias todas que caracterizan las diferentes comarcas españolas, vamos a señalar, en una primera aproximación, cuáles son las localidades que deben tener aeropuerto y qué condiciones deben cumplier aquéllos. La configuración y relieve del terreno en las inmediaciones de dichas localidades determinarán su emplazamiento más conveniente, y, con él, las dimensiones que puede tener, así como las vías de enlace con las poblaciones que sirve, etc. La elección de dicho emplazamiento es de capital importancia, ya que del acierto con que se lleve a cabo, depende, en buena parte, el coste de las obras del campo de vuelos, que puede ser muy elevado y también, y muy principalmente, la rapidez del transporte. Esta rapidez no es sólo función de la velocidad del avión, sino que depende en buena parte del tiempo necesario para conducir los viajeros y la carga desde la población al avión y viceversa; este tiempo muerto debe reducirse al mínimo, y no debe pasar de una fracción pequeña del tiempo total del viaje (25 % para los recorridos nacionales), por lo que la carretera o vía de enlace entre aquéllos, debe permitir una circulación fácil y rápida en los dos sentidos, y no debe pasar de 15 minutos el tiempo necesario para ir del centro de la población al aeropuerto. Una mala elección de la situación del aeropuerto puede conducir a la necesidad de atravesar zonas de mucha aglomeración de tráfico de peatones y rodado, o a tener que seguir itinerarios sinuosos entre calles o en la carretera que conduce a aquél. Como meta ideal para el tiempo perdido por el viajero desde que llega a la Oficina de Líneas Aéreas, hasta que sube al avión, puede fijarse la de 25 minutos para el tráfico nacional, y 35 minutos para el internacional.

Madrid, capital y cerebro de la Nación, bien centrada en su interior, con Toledo y El Escorial en sus proximidades, nudo del que irradian todas las comunicaciones terrestres hacia el resto del país, y punto de paso forzado para el enlace de muchas de sus ciudades, debe contar, por lo menos, con un aeropuerto de primer orden y otro aeropuerto para la aviación particular, con independencia de las bases militares. En poblaciones de reducido tráfico aéreo, pueden compaginarse en un mismo aeródromo las necesidades de aquél y las actividades aéreas privadas, pero esta solución no puede admitirse en las poblaciones de tráfico intenso, por las perturbaciones y dificultades que dichas actividades pueden acarrear.

Barcelona, segunda capital de España, con un número de habitantes ligeramente inferior al de Madrid, con su magnífico puerto comercial, cabeza de una de las regiones más pobladas y más ricas de la Península y comarca, la más industrial y comercial de aquélla, justifica plenamente la necesidad de contar también con un aeropuerto comercial que pueda servir al tráfico aéreo que su importancia lleva consigo. Del mismo modo que para Madrid, es necesario otro aeropuerto independiente que atienda las actividades de la aviación privada.

En orden de interés, para el tráfico aéreo, podemos situar en tercer lugar *Sevilla*, la capital de Andalucía, que, si bien no tiene las características de gran núcleo urbano que tienen Madrid y Barcelona, ni tiene tampoco la importancia industrial y comercial de éstas, es quizá la población de mayor atracción para el turismo, tanto nacional como extranjero, especialmente en las épocas de sus famosas fiestas de primavera: Semana Santa y Feria. Las dificultades económicas, derivadas de la pasada guerra, tienen muy frenado el movimiento turístico en todo el mundo en general. Es de esperar, sin embargo, que a medida que dichas dificultades se vayan venciendo, vuelva aquél a recobrar la importancia de anteguerra y aún a superarla, precisamente por las mayores facilidades que ofrece actualmente el transporte aéreo. Si para esta ocasión puede contar Sevilla con un buen aeropuerto, que permita el aterrizaje y despegue de los aviones de todas las procedencias, es lo más seguro que allí afluya el turismo mundial, en proporciones insospechadas hasta ahora. Este aeropuerto podría, por ahora, atender igualmente las actividades de los aero-clubs y de la aviación privada.

A continuación de estos tres grandes aeropuertos principales, hay que alinear otra serie de ellos, que sirvan al tráfico aéreo de las otras regiones y ciudades españolas, aeropuertos que en algunos casos serán susceptibles de proyectarse y desarrollarse en armonía con las demandas crecientes del tráfico de la comarca, mientras que otros tendrán que subordinarse, forzosamente, a circunstancias o condiciones geográficas, topográficas, climatológicas y de otros órdenes, que limitarán sus posibilidades en lo referente a situación, dimensiones, accesibilidad, etc. Por no extendernos demasiado, a continuación reseñamos sumariamente, agrupándolos por regiones.

REGIÓN CATALANA-LEVANTINA

Con independencia de otras circunstancias y exigencias de carácter general, el clima benigno, la riqueza agrícola de la región y la gran demanda que tienen sus valiosos productos, tanto en España como en el extranjero, hacen necesarios algunos aeropuertos convenientemente distribuídos, que permitan dar salida por vía aérea a aquéllos, y muy especialmente a los frutos de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

corta vida y gran estimación, que no aguantan otros medios de transporte más lentos. Dichos aeropuertos pueden ser los de *Sabadell, Lérida, Reus, Castellón, Valencia, Alicante, Murcia* y *Albacete*, además de los ya mencionados de *Barcelona*.

ISLAS BALEARES

La distancia que separa por mar estas Islas de la Península, su situación en las rutas de España a Italia y el Mediterráneo Oriental, y en las que se dirigen de Francia al Continente africano, así como las atracciones que brindan sus bellas costas y paisajes, obligan al establecimiento de aeropuertos en *Mallorca, Menorca* e *Ibiza*.

REGIÓN ANDALUZA

Características destacadas de esta región son su clima, la fertilidad de su campo, sus vinos, de renombre universal, y las bellezas artísticas y monumentales de algunas de sus capitales. De acuerdo con estas características y con independencia de *Sevilla*, deben disponer de aeropuestos las siguientes poblaciones: *Jaén, Granada, Almería, Málaga, Córdoba, Cádiz, Jerez* y *Huelva*.

REGIÓN CASTELLANA Y EXTREMEÑA

Descartando los dos aeropuertos de *Madrid*, ya mencionados, y las poblaciones que como Toledo, Guadalajara y Segovia se encuentran próximas a la Capital, y pueden ser atendidas con aquellos aeropuertos para su enlace con otros lugares de la Península y del extranjero, deben tener aeropuerto propio: *Avila, Salamanca, Valladolid, León, Burgos, Logroño, Soria, Cuenca, Ciudad Real, Zamora, Cáceres* y *Badajoz*.

REGIÓN ARAGONESA

Las necesidades de esta comarca pueden cubrirse con el aeropuerto de *Zaragoza* y el aeródromo de *Huesca*, aunque éste se halle dedicado, especialmente, a Vuelos sin Motor.

REGIÓN GALLEGA

Esta región superpoblada, dotada de puertos de primer orden, como La Coruña y Vigo, con una Base Naval militar e importantes astilleros en El Ferrol del Caudillo, con una flota e industria pesquera de las más desarrolladas de Europa, con unas rías casi únicas en el mundo, por su belleza y atracción, y, finalmente, con ciudades como Santiago de Compostela, lugar de peregrinaciones y joya de arte religioso y cultural, es, sin embargo, la comarca española menos accesible por su alejada situación en el extremo NO. de la Península. Las vías de comunicación que enlazan con el resto del país son deficientes, por su trazado y largo recorrido. Se invierten casi 24 horas para ir de Madrid a La Coruña en tren, y, aunque esta duración se puede acortar mejorando el trazado y el perfil de la vía en algunos trayectos, siempre será un viaje largo e incómodo. Estos defectos en las comunicaciones terrestres, justifican la necesidad de buscar por vía aérea el acercamiento de la región al resto de España. No es fácil, sin embargo, encontrar emplazamientos adecuados para aeropuertos, debido a lo accidentado de su suelo y a las desfavorables condiciones meteorológicas que allí dominan: lluvias y nieblas de gran frecuencia, especialmente en invierno, es decir, las dos circunstancias más adversas al tráfico aéreo.

El centro de gravedad de Galicia, desde el punto de vista comercial, industrial, cultural, turístico y de las comunicaciones terrestres, es, sin duda, Santiago de Compostela, y, por ello, es lugar indicado para establecer el aeropuerto principal de la región, aunque su orografía obligue a realizar obras muy costosas para su construcción. Otros aeropuertos pueden establecerse, en Vigo, para atender a la zona SO., y en Lugo, a la parte Este y NE. Como alternativa para casos de mal tiempo, convendría un aeropuerto al nivel del mar, con fáciles accesos aéreos y su posible situación podría ser en la ensenada del Grove, próximo a La Toja. En resumen, pueden construirse en Galicia los aeropuertos siguientes: *Santiago de Compostela, Vigo, Lugo* y *La Toja*.

LITORAL NORTE Y NAVARRA

Toda esta zona presenta análogas características a las de la región gallega, en lo referente al clima y al terreno, y, por ello, resulta difícil encontrar lugares adecuados para el establecimiento de aeropuertos. La importancia de la industria minero-siderúrgica en todo este litoral, su riqueza ganadera, sus magníficos puertos, su industria pesquera y la belleza y atracción de sus paisajes, justifican la necesidad de contar con algunos aeropuertos repartidos convenientemente. Deben establecerse aeropuertos en *Oviedo, Gijón, Santander, Bilbao, San Sebastián, Vitoria* y *Pamplona*.

CANARIAS Y ÁFRICA OCCIDENTAL

Las distancias que separan estos territorios de la Península, y las circunstancias político-militares que en ellos concurren, obligan a equiparlos con una serie de aeropuertos, que permitan el enlace rápido con aquélla y con el resto del mundo. Para ello, deben establecerse aeropuertos en los siguientes emplazamientos: *Las Palmas, Tenerife, Fuerteventura, Lanzarote, La Palma, Ifni, Cabo Juby* y *Villa Cisneros*.

GUINEA ESPAÑOLA

Esta colonia tan alejada de la Metrópoli, cuyo desarrollo va adquiriendo gran ritmo, poniendo en explotación las riquezas de su suelo: cacao, café, maderas y otras, requiere el establecimiento de buenas comunicaciones aéreas con España, y para ello hay que construir aeropuertos en *Santa Isabel* de Fernando Póo y en *Bata*.

PROTECTORADO ESPAÑOL DE MARRUECOS

El enlace aéreo de esta Zona con España puede canalizarse a través de los aeropuertos de sus tres plazas principales: *Larache, Tetuán* y *Melilla*.

Mientras la aviación particular de turismo no adquiera mayor desarrollo, no será necesario, en general, establecer campos independientes para ella, sino que son suficientes por ahora, para cubrir todas las actividades aéreas, los que se acaban de enumerar. Solamente Madrid y Barcelona, por la importancia de su

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

tráfico, justifican la utilización de campos diferentes para unas y otras actividades.

Además de los aeropuertos que se acaban de enunciar, deben preverse, para casos de emergencia, un cierto número de aeródromos auxiliares o de socorro, convenientemente emplazados a lo largo de las rutas aéreas. Tales son los de *Llanes, Calamocha, Puig Moreno, Ayllón, Casavieja, Navahermosa, Santa Cruz de Mudela, Hinojosa del Duque* y *Camporrobles.*

No se han considerado los aeropuertos para hidroaviones, porque, ni las Compañías nacionales de aviación comercial, ni las extranjeras que tocan en nuestro territorio emplean aquellos aviones. Si la evolución del material condujera al empleo económico de esta clase de aeronaves, podrían utilizarse para el tráfico las bases militares de «hidros» existentes, como se han utilizado en épocas anteriores.

En resumen, el número total de aeropuertos y de aeródromos de todas clases, que pueden establecerse en España, territorios de ultramar y Protectorado marroquí, para atender las demandas del tráfico aéreo en una primera etapa de diez años, puede calcularse en 71, aproximadamente la mitad de los que, por comparación con otros países, habíamos estimado.

Determinado el número y situación de los aeropuertos que se necesitan por ahora, procede clasificarlos con arreglo a las características del tráfico aéreo que tiene que atender cada uno, para conocer la importancia y coste de las obras precisas para equiparlos. No es este un asunto fácil, en el que se haya llegado a completo acuerdo entre las naciones, a pesar de las recomendaciones y conclusiones de la Organización Internacional de Aviación Civil (O. A. C. I.).

La clasificación inglesa establece cinco categorías, según la longitud de las etapas de vuelo; corresponde a cada una de éstas, unas características de los aviones que pueden cubrirlas y, como consecuencia de ello, las dimensiones de las pistas, accesos aéreos, etc.

Categoría	Longitud de la etapa	Peso total	Longitud de las pistas
Transoceánico	4.800 - 6.400	125	4.550 - 3.640
Intercontinental	2.560 - 4.800	80	3.412 - 2.730
Transcontinental...	1.200 - 2.560	40	3.050 - 2.450
Continental	320 - 1.600	20	2.500 - 2.000
Local	160 - 800	14	1.730 - 1.365

A pesar de que, por tratarse de islas, las circunstancias no son las mismas que para los países del continente, las dimensiones que se señalan para las pistas parecen excesivas.

La clasificación francesa en vigor desde 5 de marzo de 1948, establece cuatro categorías de aeropuertos terrestres:

A) Transportes regulares a larga distancia.

B) Transportes regulares a media y corta distancia.

C) Transportes irregulares: aerotaxis, gran turismo.

D) Escuela. Adiestramiento. Turismo.

Los aeropuertos de las categorías A) y B) deben estar equipados para el vuelo con toda clase de tiempo; los del tipo C), para el aterrizaje sin visibilidad, y los del tipo D) no están equipados para vuelos de noche, ni para el aterrizaje con instrumentos.

Se dispone en esta ordenanza, que a cada una de las tres primeras categorías corresponden tres longitudes de pista: el mínimum previsible y el óptimo. Para los aeródromos tipo D) sólo se prevén la longitud mínima y la máxima.

Clase	Peso máximo	Longitud de pistas o bandas
A	135	2.100 - 2.500 - 3.000
B	60	1.500 - 1.800 - 2.100
C	20	800 - 1.000 - 1.200
D	5	600 - 800 -

En España, la Ley de Aeropuertos de 2 de noviembre de 1940 establece una primera clasificación de aquéllos en *Militares, Comerciales y Privados*, y otra disposición posterior, la Ley de 17 de julio de 1945, que reforma varios artículos de la primera, da normas relativas a las dimensiones de las pistas.

«Los aeropuertos que deban servir al tráfico internacional tendrán, según sus clases, las condiciones siguientes: Clase A) Longitud de pista pavimentada de dos mil ciento cincuenta metros, como mínimo, y capaz de resistir un peso por rueda de treinta y cuatro mil kilogramos. Clase B) Longitud de pista pavimentada de mil quinientos metros, capaz de resistir un peso de veintidós mil quinientos kilogramos por rueda. Clase C) Longitud de pista pavimentada de mil cincuenta metros y capaz de resistir un peso por rueda de trece mil quinientos kilogramos.»

En otros párrafos de la misma disposición se definen las pendientes longitudinal y transversal, las anchuras de las pistas y las zonas periféricas y subperiféricas.

La Organización Internacional de Aviación Civil (O. A. C. I.) ha procurado, en el transcurso de sus diferentes reuniones, llegar a una resolución sobre la clasificación de los aeropuertos, relacionando sus características con las de los aviones y las líneas aéreas. En octubre de 1947, estableció un informe con la siguiente conclusión:

«Parece probable que los aeródromos cuya longitud de pista está comprendida entre 900 m. y 2.550 m., aproximadamente, puedan responder a las necesidades del Tráfico Aéreo Internacional presente y futuro. Por otra parte, las cargas impuestas por las aeronaves a las pistas, deberían escalonarse entre los 2.250 kilogramos y 45.500 kilogramos por cada rueda independiente. En un gran número de casos, los aeródromos con características comprendidas entre estos límites, responderán a las necesidades del tráfico; resulta, por lo tanto, cómodo dividir este margen en un cierto número de clases y establecer un sistema de clasificación para designar las clases. Los fines principales del sistema de clasificación, son servir de guía para el cálculo de nuevos aeródromos y la mejora de los aeródromos existentes, favoreciendo la uniformidad en el cálculo de los aeródromos destinados a ser utilizados para el mismo tipo de tráfico, ayudar a la O. A. C. I. y Conferencias regionales a formular recomendaciones, y, finalmente, dar un método para la descripción aproximada de los aeródromos existentes y futuros, por medio de dos características: la longitud de la pista principal y su resistencia.»

«La clasificación de los aeródromos se basa en las dos características principales: dimensión (longitud básica de la pista principal) y resistencia (esfuerzos que soporta esta pista). La clase de un aeródromo está designada por una letra mayúscula

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

que indica la longitud básica de la pista principal, segunda de un índice numérico, que indica su resistencia.»

Las longitudes de pista principal y las cargas por rueda que corresponden, respectivamente, a las letras y a los índices, se encuentran dadas en el cuadro siguiente:

Letras	Longitud de pista principal. Metros	Índices	Carga por rueda
A	2.550	1	45
B	2.150	2	35
C	1.800	3	27
D	1.500	4	20
E	1.280	5	13
F	1.080	6	7
G	900	7	2

Se refieren estas dimensiones al nivel del mar; por cada 300 metros de altitud, deben ser aumentadas un 5 %, hasta 600 metros; a partir de esta altitud, y hasta los 2.100 ms., la corrección por cada 300 ms. de altura debe ser del 10 %, y, de ahí en adelante, de 14 %, aproximadamente.

Como a cada letra pueden corresponder dos o tres índices, se llega así a poder definir de 15 a 20 clases y subclases de aeródromos. Algunas veces se dan a los aeródromos denominaciones indicadoras de la naturaleza del tráfico para el que están previstos; nombres que guardan cierta relación con la clasificación establecida. Así, por ejemplo, se llaman *Transoceánicos* a los del tipo A; *Transcontinentales*, a los B; *Internacionales*, a los C, y *Nacionales* o *Locales*, a los demás. Pero estas denominaciones no definen rigurosamente los aeropuertos y se prestan a confusión, pues puede ocurrir, y ocurre frecuentemente, que un aeropuerto internacional o nacional atiende servicios transoceánicos o transcontinentales, además de los de su categoría.

Las cifras previstas para longitudes de pistas no son cifras arbitrarias, sino que dependen principalmente de la carga por m² de superficie alar del avión y de la carga por caballo de potencia de los motores. La Conferencia Internacional de Aviación Civil celebrada en Chicago a fines de 1944 tomó el acuerdo de que, en los aeródromos destinados al tráfico internacional, la longitud de pista para un determinado material volante, se amolde a la siguiente regla:

«La distancia de reposo-aceleración debe ser inferior a la longitud de la pista de vuelo. Si el motor tiene un fallo en un momento cualquiera después que el avión ha alcanzado la velocidad de despegue, debe ser posible continuar el vuelo y alcanzar una altura de 15 ms., al menos, con trayectoria segura antes de franquear el extremo de la pista de vuelo.»

Como consecuencia de esta regla, la longitud de pista necesaria para el despegue de un avión, es la suma de:

1.º La longitud necesaria para acelerar el avión desde el reposo hasta la velocidad de despegue, rodando por el suelo.

2.º La mayor de las longitudes necesarias, sea para frenar el avión desde dicha velocidad hasta la parada rodando por el suelo, sea para franquear un obstáculo de 15 ms. de altura en la extremidad de la pista.

En cuanto a la resistencia de la pista, es función del peso por rueda, de la presión de inflado de ésta y de la frecuencia de utilización de la primera.

El examen comparativo de las clasificaciones inglesa, francesa, española e internacional (O. A. C. I.), nos lleva a las conclusiones siguientes.

a) La clasificación inglesa parece muy exagerada, por ahora, en cuanto a dimensiones de pistas, y conducirá a aeropuertos de coste muy elevado. Es posible que la utilización en el futuro de aviones de propulsión por reacción obligue a alargar las pistas.

b) La clasificación francesa es sencilla y lógica, puesto que establece sólo cuatro categorías, correspondientes a cuatro modalidades del tráfico bien definidas.

c) España se ha adherido desde el primer momento a las decisiones de la Organización Internacional de Aviación Civil, y, por eso, la clasificación que figura en la Ley de 17 de julio de 1945 responde exactamente a la primera clasificación establecida por aquélla en la Conferencia celebrada en Chicago en diciembre de 1944. Actualmente, la clasificación y construcción de los aeropuertos españoles se atienen a las normas dictadas por aquel organismo en octubre de 1947, que son las que hemos expuesto anteriormente.

d) Las normas O. A. C. I., por su carácter universal, recogen todas las categorías de aeródromos que se pueden prever por ahora. En nuestra opinión, esta misma multiplicidad de categorías resulta complicada para aplicar a países como el nuestro, donde el tráfico aéreo no ha alcanzado todavía gran desarrollo. Por esta razón, vamos a encuadrar los aeropuertos españoles dentro de las normas O. A. C. I., pero no considerando por ahora más que cuatro categorías: A, C, E y G, que corresponden, en cierto modo, a las categorías adoptadas en Francia, si bien nos atendremos a las prescripciones del O. A. C. I. para cada una de las indicadas categorías.



"A" *Aeropuertos para transportes a larga distancia.*
"C" *id. id. id a media y larga distancia.*
"E" *id id. tráfico irregular aerotaxis, gran turismo.*
"G" *Aeródromos para aero-club, y escuelas, turismo y de socorro*

De acuerdo con esta clasificación, y con las consideraciones anteriormente expuestas, los 71 aeropuertos que hemos estimado

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

necesarios para la primera fase del Plan de Aeropuertos Españoles, se pueden agrupar como sigue:

A. *Aeropuertos para transportes a larga distancia.*

Madrid, Barcelona, Sevilla, Villa Cisneros.
Total, 4.

C. *Aeropuertos para transportes a media y corta distancia.*

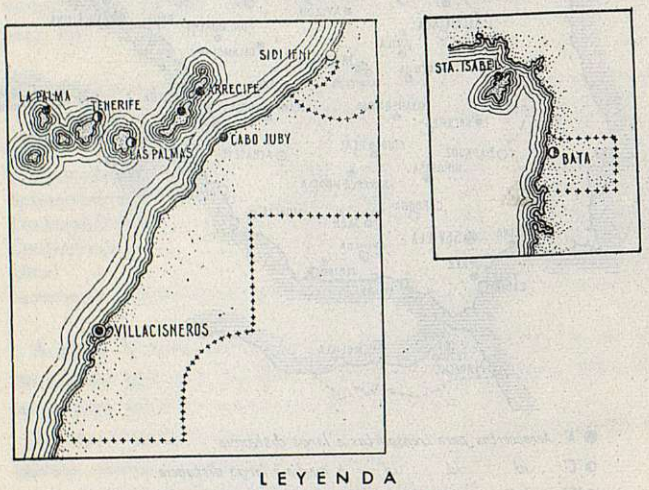
Valencia, Zaragoza, San Sebastián, Bilbao, Santander, Vigo, Santiago de Compostela, Málaga, Granada, Almería, Murcia, Palma de Mallorca, Tetuán, Las Palmas, Tenerife, Bata.
Total, 16.

E. *Aeropuertos para tráfico irregular; "aerotaxis", gran turismo.*

Madrid (Aero-Club), Barcelona (Aero-Club), Reus, Castellón, Alicante, Albacete, Córdoba, Cádiz, Badajoz, Valladolid, Salamanca, León, Lugo, Oviedo, Gijón, Burgos Logroño, Vitoria, Pamplona, Melilla, Larache, Ifni.
Total, 22.

G. *Aeródromos para aero-"clubs", escuelas, turismo y de socorro.*

Sabadell, Lérida, Huesca, Llanes, La Toja, Zamora, Ávila, Cáceres, Casavieja, Navahermosa, Ciudad Real, Hinojosa del Duque, Jaén, Huelva, Jerez de la Frontera, Santa Cruz de Mudela, Camporrobles, Cuenca, Calamocha, Puig Moreno, Soria, Ayllón, Menorca, Ibiza, Cabo Juby, Fuerteventura, Lanzarote, La Palma, Santa Isabel de Fernando Póo.
Total, 29.



LEYENDA

- «A» Aeropuertos para transportes a largas distancias.
- «C» Aeropuertos para transportes a media y corta distancia.
- «E» Aeropuertos para tráfico irregular, aerotaxi, gran turismo
- «G» Aeródromos para aero-club y escuelas, turismo y de socorro.

Como ya se ha indicado anteriormente, esta distribución y clasificación de los aeropuertos y aeródromos españoles constituye tan sólo una primera aproximación, y es muy probable que la evolución del tráfico aéreo o de las circunstancias peculiares de las comarcas, determine con el tiempo el cambio de categoría de algunos de ellos, o la incorporación de otros nuevos a la relación actual.

Entre dichos 71 aeródromos, unos 30 son de tipo *mixto*, originalmente, militares, y, posteriormente, abiertos al tráfico civil. Por ello, se da el caso, en algunos aeródromos, de que, clasificados dentro de una categoría, con arreglo a las necesidades del referido tráfico civil, tienen que responder a exigencias militares, y disponen o dispondrán, por tanto, de pistas cuyas características los colocarían en otra superior categoría. Esta circunstancia, lejos de ser un inconveniente, constituye una ventaja, porque mejora las posibilidades del país, con vistas al futuro incremento de la navegación aérea y hace, por consecuencia, más provechoso el gasto realizado en los referidos aeropuertos.

La infraestructura aeronáutica debe extenderse asimismo a la preparación de la juventud para el vuelo y abarcar también el acondicionamiento de las Escuelas de Vuelo sin Motor. Así es, en efecto, pero, como dicho acondicionamiento exige gasto muy reducido, en relación con las elevadas cifras a que conducen los aeropuertos, no hemos juzgado necesario considerarlas por separado, ya que el margen de imprecisión en aquéllas permitirá siempre atender la organización de las referidas Escuelas a medida que vayan siendo precisas o convenientes.

* * *

Al iniciar esta exposición, indicamos someramente las obras e instalaciones que constituyen un aeropuerto, en general. Vamos a puntualizar algo más esta materia, por lo que se refiere a los aeropuertos españoles que hemos considerado necesarios, según la clasificación establecida anteriormente, describiendo ya, en líneas generales, la organización de los principales aeropuertos de las diferentes categorías y establecer, de modo aproximado, los presupuestos que se han de invertir en su construcción.

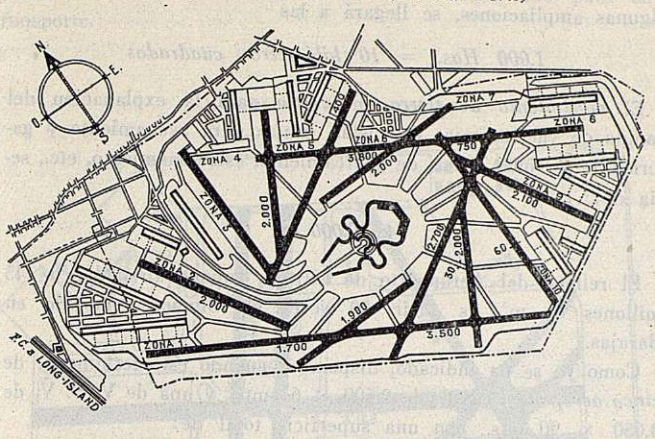
Aeropuertos tipo A (transportes a larga distancia).—Estos aeropuertos responden a las características de los denominados transoceánicos y transcontinentales, y deben ser proyectados y construídos para cumplir con las máximas exigencias presentes y futuras de los transportes aéreos, dentro, naturalmente, de las modalidades que pueden preverse para esta clase de tráfico, en relación con el aeropuerto de que se trata. Las instalaciones de ayuda a la navegación deben permitir el vuelo con toda clase de tiempo.

El nuevo aeropuerto de Idlewild, en Nueva York, está previsto para soportar un tráfico de 360 aviones por hora, y esta condición impone el número de pistas con que ha de contar, ya que siendo 60 el máximo de operaciones por pista en una hora, se necesitarán 3 pistas para el despegue y otras 3, paralelas a aquéllas, para el aterrizaje. Como el margen de tolerancia es de 30° con relación al viento, para cubrir aquéllas exigencias con todos los vientos, serán necesarias 12 pistas paralelas de 2 en 2, y con separación angular de 30°, y, efectivamente, así está proyectado este grandioso aeropuerto, el mayor del mundo, que costará muy por encima de 200 millones de dólares.

Los aeropuertos de Madrid y de Barcelona están proyectados para cuatro direcciones de pistas de vuelo (una de ellas la de los vientos frecuentes, que deberá ser doble pista), correspondientes a separaciones angulares de 45°, con lo que se llega a derivas de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Aeropuerto de Idlewild (Nueva York)



vientos no superiores a 22° 30' con respecto a los ejes de las pistas. Una de las pistas, situada en la dirección de accesos aéreos más despejados y de mayor longitud del campo, es la de aterrizaje sin visibilidad, y, por ello, tiene mayores dimensiones que las demás. El aeropuerto de Sevilla está previsto para tres direcciones a 60° de apertura angular, y con ello, se cubren todos los vientos con deriva inferior a 30°.

Las pistas únicas permiten alcanzar un máximo de 40 a 45 operaciones por hora, entre los dos sentidos. Las dobles pistas paralelas aumentan este margen, y puede llegarse a 60 aterrizajes en una de ellas y a 60 despegues en la paralela. Para alcanzar este máximo se requiere, en primer lugar, que las pistas de rodadura estén dispuestas de forma que los aviones permanezcan en las aeropistas el tiempo mínimo indispensable para el despegue o aterrizaje, y que sea perfecta la organización del tráfico, tanto en el aire como en el campo. Se ve, por consiguiente, que la capacidad del tráfico de los tres grandes aeropuertos españoles, es y será muy suficiente en bastantes años para atender los requerimientos de aquél.

Las longitudes y anchuras de estas aeropistas pavimentadas cumplen con exceso las normas de la O. A. C. I., aplicando a Madrid la corrección de altitud correspondientes, que aumenta en un 10 % las longitudes necesarias para aquéllas.

Las pistas de V. S. V. para Madrid y Barcelona, quedarán con longitudes superiores a los 3.000 mts., y anchuras de 90 a 100 metros, respectivamente. La de Sevilla alcanzará cerca de los 3.000 metros, y anchura de 80 mts.

Las restantes pistas de vuelo de los aeropuertos de Madrid y de Barcelona tendrán más de 2.500 mts. de longitud, por 60 metros de ancho, y las de Sevilla quedarán por encima de las exigencias de las normas O. A. C. I.

Los pavimentos están calculados para resistir cargas de 45 Tm. por rueda, con presiones de inflado de 7 Kgs. × cm². Los de Madrid y Sevilla (excepto la NE. SO., de esta última, que es flexible), son de los llamados *rígidos*, constituídos por grandes losas de hormigón de cemento vibrado, con espesores de 25 a 28 centímetros, y juntas plásticas de dilatación en sentidos longitudinales y transversales. Estas losas se asientan sobre un cimiento compactado de piedra. Las pistas de Barcelona y la NE. SO. de Sevilla, son de las de tipo *flexible* continuo con capa de rodadura de 5 a 6 cms. de espesor, de hormigón asfáltico, sobre «macadam» en varias capas compactadas y cimiento Telford.

Las pistas de rodadura para permitir la circulación de las aeronaves desde las aeropistas a la estación aérea, zonas de estacionamiento y de aparcamiento, muelles, hangares, talleres, etcétera, tienen 30 mts. de ancho, y su pavimento debe reunir las mismas condiciones que los de las aeropistas.

Se han estudiado y previsto las zonas de estacionamiento y aparcamiento de los aviones, con el margen suficiente para las futuras demandas del tráfico aéreo. Hay que tener en cuenta que las dimensiones, cada vez mayores de las aeronaves, obliga a disponer de grandes superficies pavimentadas para la realización de todas las operaciones inherentes a dicho tráfico. El pavimento de dichas zonas tiene que resistir las mismas cargas que las pistas, lo que, dada su gran extensión, constituye un capítulo bastante importante en el coste del aeropuerto. La elección del tipo de pavimento, rígido o flexible, debe subordinarse a la naturaleza del terreno y a la mayor o menor facilidad que ofrezca el acopio de los materiales a pie de obra. El precio por m². de superficie pavimentada no difiere grandemente de uno a otro tipo. El pavimento flexible resulta, en opinión de los pilotos, más agradable para el aterrizaje, pero es posible que la próxima puesta en servicio de las líneas aéreas de los aviones de propulsión por reacción, aconseje el empleo de los pavimentos rígidos, como más ventajosos desde el punto de vista de su duración y entretenimiento.

Se cuentan por miles los metros de longitud de colectores y venas necesarios para el saneamiento del campo, sin contar las alcantarillas para evacuación de aguas residuales de las zonas edificadas, y las galerías subterráneas de servicio para el paso de los cables de alimentación del balizamiento de todas las pistas, que representan cientos de circuitos con muchísimos kilómetros.

Son de la mayor transparencia para estos aeropuertos, las instalaciones de protección de vuelo. Componen este sistema, la central de alimentación y mando de todos los circuitos eléctricos, especialmente los que afectan al balizamiento y a las instalaciones de radio; la red de iluminación de las pistas de vuelo y de rodadura, el balizaje nocturno de los obstáculos, los centros de emisoras y receptores, los gonios, y, por último, los dispositivos de aterrizaje sin visibilidad. La seguridad y continuidad del tráfico aéreo, con toda clase de tiempo, exige que este conjunto de instalaciones esté bien dotado y funcione con exactitud.

El plan de edificaciones para cubrir todas las necesidades del tráfico en los grandes aeropuertos es asunto muy discutido y sobre el que todavía no se ha llegado a fórmulas concretas: unos, son partidarios de la concentración de servicios; otros, propugnan la subdivisión y dispersión. En el aeropuerto de Idlewild a que nos acabamos de referir, aún no se ha resuelto este problema y se utilizan construcciones provisionales. Por nuestra parte, los ingenieros y arquitectos de los aeropuertos de Madrid y de Barcelona han dedicado y dedican a esta materia la mayor atención, sin haber llegado aún a soluciones definitivas. De todas formas, y a los efectos de presupuesto, aunque no se haya concretado la disposición, sí se conoce con bastante aproximación la superficie cubierta que requieren los diferentes servicios para poder calcular su coste aproximado.

El entretenimiento y cuidado de los aviones de las compañías nacionales y extranjeras, exige la construcción de han-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

gares, talleres, almacenes y otras dependencias auxiliares, todo lo cual constituye el conjunto que se denomina *zona industrial.*

Del mismo modo, para la ejecución, el entretenimiento y la conservación de todas las obras e instalaciones del aeropuerto, se precisa contar con almacenes de materiales, parques de vehículos, de maquinaria y de medios auxiliares; oficinas, etc., agrupados en un sector independiente que podemos denominar *parque de obras.*

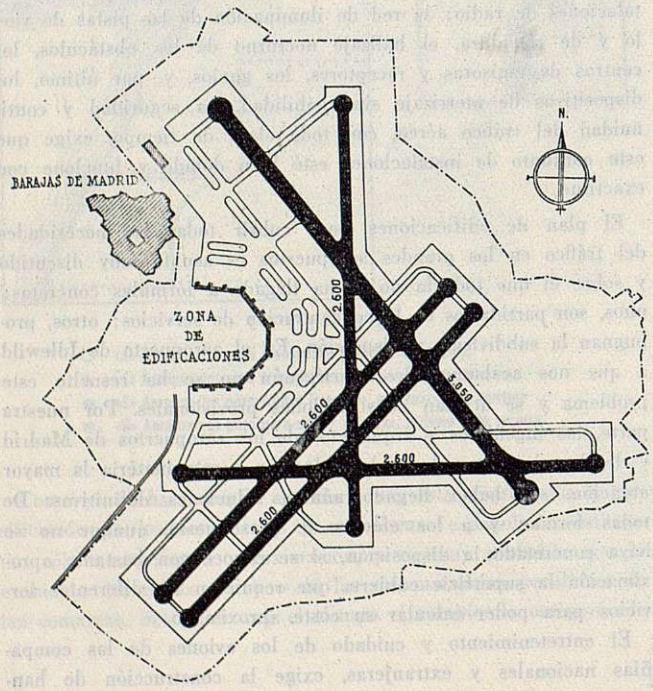
Es, asimismo, necesario, como anejo del aeropuerto, un *poblado* que permita alojar al personal de todo orden, que forma parte de los diferentes servicios.

Estas son, a grandes rasgos, las principales necesidades de los aeropuertos de clase A. Sin embargo, debemos hacer una excepción con el Aeropuerto de *Villa Cisneros*, que, clasificado como aeropuerto para transporte aéreo a larga distancia, reúne condiciones especiales que permiten reducir a una proporción mínima las obras necesarias para su acondicionamiento. En efecto, su situación geográfica en la zona de los vientos alisios regulares, permite considerar una única dirección de vientos, y, como, además, la contextura de su suelo es muy resistente, la única pista que se precisa es de coste muy bajo, por no necesitar pavimento especial. Como, además, el tráfico allí es sólo de tránsito, por tratarse de una región desértica, pobre y despoblada, no necesita tampoco de edificaciones e instalaciones importantes, con excepción de las de ayuda a la navegación, que deben ser muy completas, precisamente por su situación aislada.

Para dar idea aproximada de las proporciones y del coste de estos aeropuertos, a continuación se reseñan algunos datos relativos al *Aeropuerto de Madrid*, situado en Barajas y conocido con la denominación de Aeropuerto Transoceánico de España.

La supeficie total de los terrenos, que en 1939 era de 163 Ha., es, en la actualidad, de 860 Ha., pero, como todavía necesita algunas ampliaciones, se llegará a las

Aeropuerto de Barajas



1.000 Has. = 10 kilómetros cuadrados

El *movimiento de tierras* necesario para la explanación del campo de vuelos, cajas de pistas, zanjas para avenamiento y galerías de servicios, zonas de aparcamiento, estacionamiento, etc., sería de:

4.500.000 m³

El relleno del Aeropuerto de Idlwild, supone alrededor de 45 millones de m³, es decir, 10 veces el volumen removido en Barajas.

Como ya se ha indicado, dispondrá, cuando esté terminado, de *cinco aeropistas*, cuatro de 2.600 × 61 mts., y una de V. S. V. de 3.050 × 90 mts., con una superficie total de:

887.550,21 m²

La longitud total de las pistas de rodadura será de 13.030,27 metros, y su superficie, de:

397.423,22 m²

Los *enlaces* entre pistas y zonas de estacionamiento, con longitudes y anchuras variables, cubrirán una superficie pavimentada de:

59.164,66 m²

Se ha previsto para la zona de estacionamiento un desarrollo de forma poligonal, de una longitud total de 1.520 metros, y una anchura de 150 mts., lo que representa una superficie de:

226.911,10 m²

El *aparcamiento* tendrá 620 mts. de longitud y 175 de ancho, con una superficie de:

112.112,50 m²

Finalmente, la *zona industrial* o de entrenamiento, tendrá 220 metros de longitud y 120 mts. de anchura. Su superficie será de:

25.536,73 m²

En resumen: la superficie total pavimentada del eropuerto será:

1.708.698,42 m²

El *avenamiento* del campo de vuelos comprende 48 kilómetros de canaleta de borde de pista, 14.447 ml. de venas de 20 a 80 cms. de diámetro y 8.825 ml. de colectores de diámetro superior a 80 cms.

Las *galerías de servicios* para el paso de los circuitos eléctricos tienen un desarrollo de 3.630 ml.

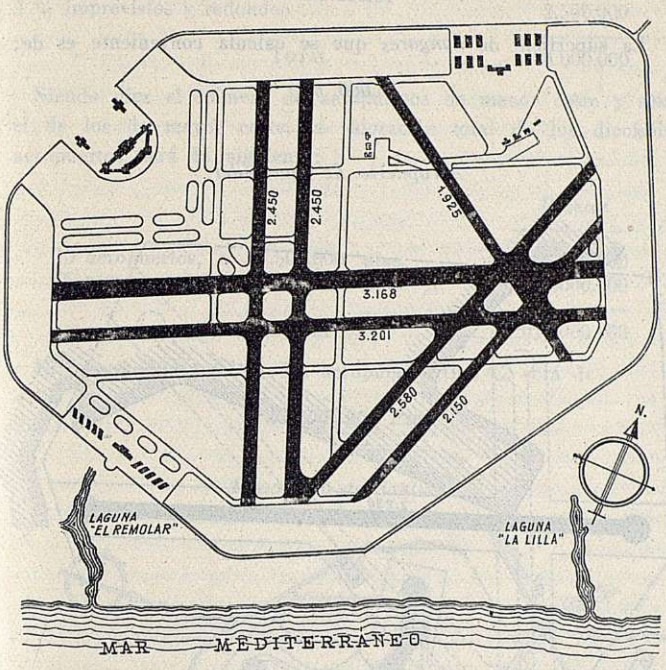
La ejecución de todas estas obras, excluyendo las edificaciones, requiere una cantidad considerable de *materiales de construcción*, entre morro, grava, arena y cemento; sólo de este último se invertirán alrededor de 170.000 Tm. y entre todos ellos se llegará a

1.110.000 Tm.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

que necesitarían 3.700 trenes de 300 Tm. cada uno para su transporte.

Aeropuerto de Barcelona



La *estación aérea*, en uno o varios bloques de edificios, deberá permitir el atraque en sus andenes de 30 aviones de gran tonelaje.

La superficie prevista para esta estación con todos sus servicios, y el resto de los edificios tales como almacenes, muelles, talleres, etc., se estima aproximadamente en:

50.000 m²

Los *hangares* necesarios deberán cubrir una superficie de:

24.500 m²

De todo este conjunto de obras previstas hay ya bastante ejecutado. Se han movido alrededor de 3.500.000 m³ de tierra; se han pavimentado 1.000.000 de m² de pistas y enlaces; se han construído las 3/4 partes del drenaje y de las galerías y existe en construcción avanzada un gran hangar de 180 × 47 mts.

El coste total aproximado del aeropuerto se establece como sigue:

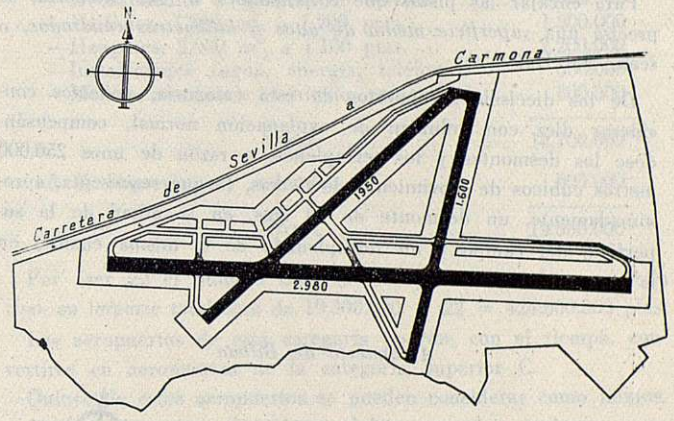
	Pesetas
—Terrenos, 1.000 Ha. a 10.000 ptas.	11.000.000
—Explanación, 4.500.000 m³ a 18 ptas m³ ...	81.000.000
—Aeropistas, pista de rodadura, enlaces, zonas de estacionamiento y aparcamiento 1.708.700 m², a 95 ptas m²	162.326.500
—Red de drenaje del campo	15.500.000
—Galerías de servicios, 3.630 m., a 1.000 pesetas m/l.	3.630.000
Suma y sigue	273.456.500

	Pesetas
Suma anterior	273.456.500
—Edificios, 50.000 m², a 1.200 ptas. m²	60.000.000
—Hangares, 24.500 m², a 1.100 ptas. m²	26.950.000
—Instalaciones (alcantarillado, abastecimiento de agua, de energía eléctrica, de carburantes, teléfonos telégrafos, etc.) Tanto alzado	20.000.000
—Medios auxiliares (vehículos, cisternas, grúas, tractores, etc.)	4.000.000
Suma	383.406.500
3 % Imprevistos y redondeo	11.593.500
TOTAL	395.000.000

Cuanto se ha dicho para el Aeropuerto de Madrid puede hacerse extensivo al *Aeropuerto de Barcelona*, cuyas proporciones son análogas a las de aquél, algo más reducidas, por no ser terminal, ni cabecera de las compañías nacionales de líneas aéreas. Su coste se puede estimar en los 4/5 del de Madrid, es decir:

316.000.000 Ptas.

Aeropuerto de Sevilla



Las características del *Aeropuerto de Sevilla*, con 700 Ha. de superficie, le permitirán cumplir las normas O. A. C. I. para Aeropuertos de categoría A, pero sin llegar a las proporciones de los Aeropuertos de Madrid y Barcelona, ni en dimensiones, ni mucho menos en necesidades de edificios e instalaciones. Su coste será, aproximadamente, 1/3 del de Madrid, o sea:

132.000.000 Ptas.

El *Aeropuerto de Villa Cisneros*, que está en servicio para las rutas de América y África ecuatorial, es casi un aeropuerto natural, de terreno muy consistente, que requiere muy pocas obras. Una capa de «macadam» con riego asfáltico profundo, será suficiente para el pavimento de la pista única de vientos alisios. Un hangar y algunos edificios, completarán el acondicionamiento. El coste total se puede estimar en:

15.000.000 Ptas.

El presupuesto total de los Aeropuertos tipo A, será de:

858.000.000 Ptas.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

AEROPUERTOS TIPO C.—(Transportes a media y corta distancia.)

En principio, todos ellos deben ser proyectados con tres pistas, para cubrir todas las direcciónes de vientos. Hay, sin embargo, casos en que la índole muy accidentada del terreno no permitirá construir más que una o dos pistas, y ello supondrá una tara para la utilización del aeropuerto, pero aun en el caso de pista única, si ésta puede cumplir las condiciones que ordenan las normas O. A. C. I., el aeropuerto se puede considerar apto para atender al tráfico aéreo probable de la región que sirve. Tal es el caso de Bilbao y algunos otros, especialmente los del litoral norte.

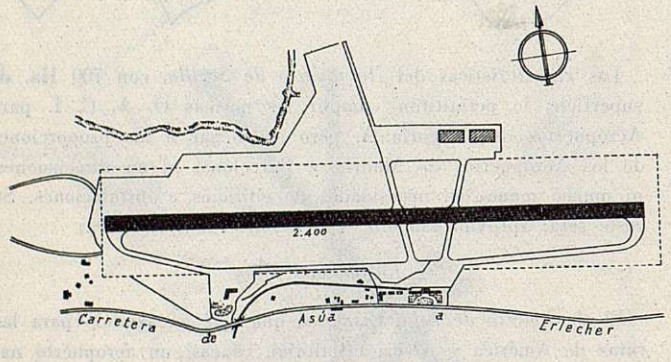
Aunque el estudio se haga para tres pistas y se atienda en la explanación a esta circunstancia, creemos que salvo alguna contada excepción, la primera fase del Plan sólo debe llegar a la construcción de una pista pavimentada en cada uno de ellos, con las correspondientes pistas de rodadura y zona de estacionamiento.

Las obras de explanación serán muy variables de unos a otros; el movimiento de tierras de no muy gran volumen en algunos, como Valencia, Zaragoza, Tetuán, etc., a otros de gran importancia, como Bilbao, Santander, San Sebastián, Vigo y Santiago.

Para encajar las pistas que corresponden a esta categoría, se precisa una *superficie media de unos 5 kilómetros cuadrados*, o sean, 500 Ha.

De los dieciséis aeropuertos de esta categoría, podemos considerar diez con volumen de explanación normal, compensándose los desmontes y los terraplenes, a razón de unos 250.000 metros cúbicos de movimiento de tierras, lo que representa, aproximadamente, un desmonte de 10 cms. en la mitad de la superficie del campo y un terraplenado de la misma cuantía en la otra mitad.

Aeropuerto de Bilbao



Para los otros seis aeropuertos, y teniendo en cuenta los datos que se tienen en las explanaciones ya ejecutadas en alguno de ellos, como Bilbao y Santiago, podemos admitir un promedio de movimiento de tierras del orden de *2.000.000 m³*

La *superficie que precisa pavimentar* de la pista de vuelo, pistas de rodadura y zona de estacionamiento, se puede estimar alrededor de:

200.000 m²

El *avenamiento* del campo para una sola pista de vuelo puede admitirse que equivale al 10 % del de los aeropuertos tipo A.

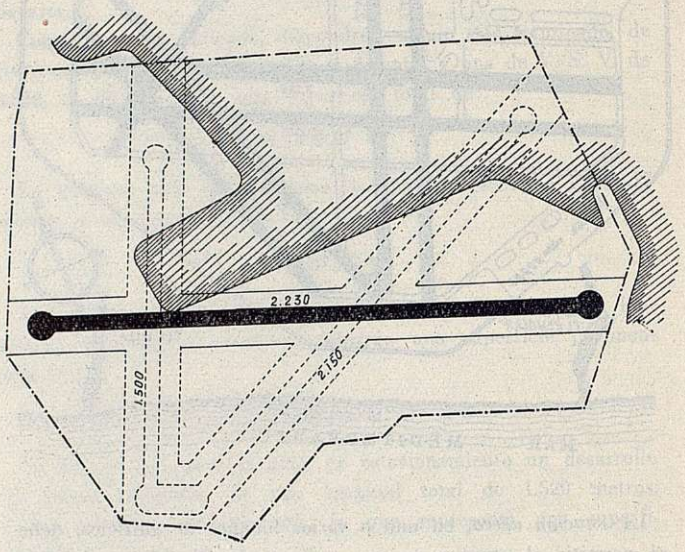
Las *edificaciones* necesarias requieren una superficie cubierta de:

10.000 m²

La superficie de *hangares* que se calcula conveniente es de:

5.000 m²

Aeropuerto de Santander



El estado de avance de estas obras en la fase de que tratamos es muy variable, desde los que aún no se han empezado, hasta los que tienen la pista terminada o a punto de terminarse. La mayor parte de ellos son aeropuertos mixtos, que atienden, por lo tanto, actividades aéreas militares y civiles, simultáneamente.

El coste de las obras en cada uno de éstos, se puede valorar como sigue:

	Pesetas
—Terrenos, 500 Ha. a 10.000 ptas.	5.000.000
—Explanación, 250.000 m³, a 18 ptas. m³ ...	4.500.000
—Aeropista, pistas de rodadura, enlaces y zona de estacionamiento, 200.000 m², a 95 pesetas m²	19.000.000
—Avenamiento y galerías de servicio	2.000.000
—Edificios, 10.000 m², a 1.200 ptas. m²	12.000.000
—Hangares, 5.000 m², a 1.100 ptas. m²	5.500.000
—Instalaciones (agua, energía, carburantes, teléfonos, etc.)	1.500.000
—Medios auxiliares (vehículos, tractores, etc.)	500.000
Suma	50.000.000
3 % imprevistos y redondeo	1.500.000
TOTAL	51.500.000

Esta cantidad se refiere a los aeropuertos de poco movimiento de tierras. Para valorar los de gran movimiento, añadiremos

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

al resultado anterior el aumento de coste de la explanación, lo que representa 31.500.000 más:

	Pesetas
Importe de las obras 50.000.000 + 31.500.000 =	81.500.000
3 % imprevistos y redondeo	2.500.000
TOTAL	84.000.000

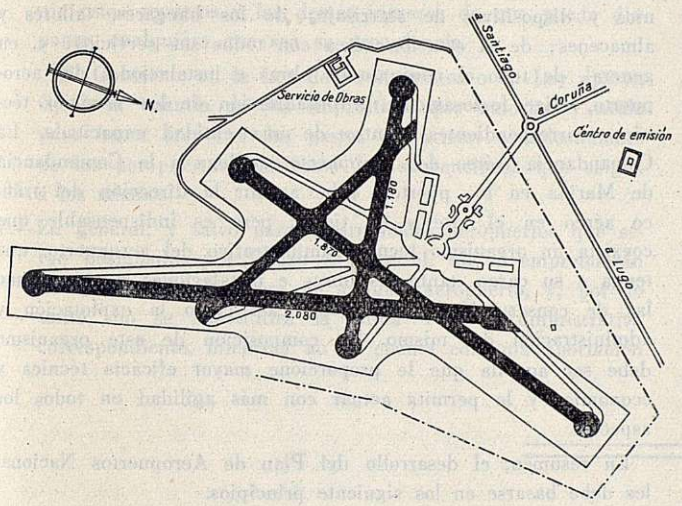
Siendo diez el número de aeropuertos de menor coste y seis el de los de mayor coste, la valoración total de los dieciséis aeropuertos será la siguiente:

	Pesetas
10 aeropuertos, a 51.500.000 ptas.	515.000.000
6 aeropuertos, a 84.000.000 ptas.	504.000.000
TOTAL	1.019.000.000

El presupuesto total de los aeropuertos tipo C, será de:

1.019.000.000 Ptas.

Aeropuerto de Santiago



Las instalaciones de protección de vuelo en estos aeropuertos deben permitir las maniobras de aterrizaje y despegue con todo tiempo.

En una segunda fase del Plan, se deben pavimentar las otras dos pistas y los correspondientes caminos de rodadura, ampliándose asimismo las zonas de estacionamiento.

AEROPUERTO TIPO E.—(Tráfico irregular, «aerotaxis», gran turismo.)

Estos aeropuertos deben responder a las características impuestas por la O. A. C. I. para los de este tipo. Se estudiará su explanación para tres pistas, si bien sólo se pavimentará una.

La superficie necesaria para situar las pistas de vuelo convenientemente, se puede estimar en 1,5 kilómetros cuadrados, es decir, 150 Ha.

Las necesidades de estos aeropuertos son análogas a las reseñadas para los de la categoría C, aunque en mucha menor escala.

El volumen de explanaciones será:

150.000 m^3

La *superficie pavimentada* de aeropistas, pistas de rodadura y zona de estacionamiento se puede estimar en:

100.000 m^2

El *avenamiento y galerías de servicio* será la mitad que para los aeropuertos C.

La superficie de *edificios* necesaria se puede calcular en:

1.500 m^2

Los *hangares* ocuparán:

2.000 m^2

El coste de cada uno de estos aeropuertos se puede cifrar como sigue:

	Pesetas
—Terrenos, 150 Ha. a 10.000 ptas.	1.500.000
—Explanación, 100.000 m^2, a 18 ptas.	1.800.000
—Aeropista, pista de rodadura y zona de estacionamiento, 100.000 m^2, a 95 ptas. ...	9.500.000
—Avenamientos y galerías de servicio	1.000.000
—Edificios, 1.500 m^2, a 1.200 ptas.	1.800.000
—Hangares, 2.000 m^2, a 1.100 ptas.	2.200.000
—Instalaciones (agua, energía, teléfonos) ...	600.000
—Medios auxiliares (vehículos, tractores) ...	300.000
Suma	18.700.000
3 % imprevistos y redondeo	600.000
TOTAL	19.300.000

Por ser 22 el número total de aeropuertos previstos en este tipo, su importe total será de 19.300.000 × 22 = 424.600.000 ptas.

Los aeropuertos de esta categoría podrán, con el tiempo, convertirse en aeropuertos de la categoría superior C.

Quince de estos aeropuertos se pueden considerar como mixtos.

AERÓDROMOS TIPO G.—(Aero-«clubs», escuelas, turismo y socorro.)

Éstos se reducen a *simples campos naturales*, explanados, para permitir las maniobras de los aviones. El volumen de edificaciones, hangares e instalaciones, será muy variable, y dependerá de la modalidad de las actividades aéreas que sirvan.

Su extensión puede variar de 0,4 a 0,8 kilómetros cuadrados, es decir, de 40 a 80 Ha., y puede tomarse un promedio de *60 Ha.*

Admitiendo un pequeño edificio para su custodia y utilización de unos 200 m^2, y un pequeño hangar de 20 × 20 mts., el coste medio de uno de estos aeródromos puede ser de:

1.200.000 Ptas.

Como se han previsto 29 aeródromos de esta categoría, su importe ascenderá a 1.200.000 × 29, es decir:

34.800.000 Ptas.

En resumen, el *Presupuesto* de construcción de los 71 aeropuertos y aeródromos de las cuatro categorías, que constituyen la

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

primera fase del *Plan de Aeropuertos Españoles*, puede establecerse como sigue:

	Pesetas
4 Aeropuertos tipo A	858.000.000
16 Aeropuertos tipo C	1.019.000.000
22 Aeropuertos tipo E	424.600.000
29 Aeropuertos tipo G	34.800.000
71 Aeropuertos	
TOTAL	2.336.400.000

Como se ha indicado anteriormente, parte de estas obras ha sido ya ejecutada por valor de unos 750.000.000 ptas., incluyendo la propiedad de terrenos y quedando, por consiguiente, obra que realizar por un importe de:

1.586.400.000 Ptas.

Dadas las posibilidades económicas nacionales y las perspectivas de desarrollo del tráfico aéreo que a España interesa, creemos que dicho presupuesto podría repartirse en *10 anualidades de 159 millones cada una.*

En estas previsiones no están incluídas las *instalaciones necesarias para la protección de vuelo* (instalaciones meteorológicas, instalaciones de radio, gonios, sistemas de aterrizaje, etc.), cuyo importe total se puede cifrar en un 10 % del coste de las obras aeroportuarias, lo que representaría unos 234 millones que añadir al presupuesto total, y quedaría por realizar obra por valor de 159 millones, que habría que sumar a los 1.587 millones que restan por invertir, para el desarrollo del plan enunciado.

Los costes cifrados se basan en los precios vigentes a fines del año 1949, y, por consiguiente, deberán ser modificados en su caso, en relación con las alteraciones que puedan experimentar dichos precios en lo sucesivo.

* * *

Aunque estas grandes obras aeroportuarias, de interés y necesidad nacional, sean objeto de un Plan general estudiado y desarrollado por el Ministerio del Aire, de acuerdo con la legislación vigente, como tienen al mismo tiempo gran influencia y repercusión en sectores importantes de la economía del país y, de modo muy particular, en los de las regiones o localidades a que afectan, no es justo que sea sólo aquel Ministerio el que soporte toda la carga económica que implica la ejecución del referido Plan, restando de su presupuesto importantes sumas, que son necesarias para otras atenciones del mismo. Parece lógico que, puesto que el establecimiento de un aeropuerto comercial beneficia más directa y principalmente al comercio, a la industria, a la agricultura y, en general, a los intereses locales y regionales, las regiones y lugares contribuyan de modo eficaz al desarrollo de dichas grandes obras, como viene ocurriendo en la construcción de los puertos marítimos. No es tampoco equitativo el que obras de esta índole, cuyo rendimiento es reducido en sus comienzos y no llega a ser remunerador hasta pasados algunos años, sean, en fin de cuentas, sufragadas por los contribuyentes que menos provecho inmediato han de obtener, por lo que las referidas obras deberán ser financiadas con deuda a largo plazo, para que las cargas, intereses y amortización, se distribuyan en el tiempo de manera razonable. De aquí la conveniencia de que los aeropuertos sean construídos en parte con aportaciones de las entidades locales y comarcales, Ayuntamientos, Diputaciones, Cámaras de Comercio, Industria y Navegación, Cámaras Agrícolas, etc., y el resto con la emisión de obligaciones a largo plazo, avaladas por el Estado. Las aportaciones locales o regionales pueden consistir en la donación de los terrenos necesarios para el aeropuerto, en la creación de impuestos especiales con este único fin, en subvenciones metálicas, en medios de transporte y trabajo, personal, materiales, etc.

Para el mejor desarrollo y rendimiento de estas obras, hay que tener en cuenta la absoluta necesidad de que exista continuidad y coordinación en los estudios, ejecución, conservación, mejora y explotación de dichas obras a lo largo del tiempo. La construcción, entretenimiento, reparación y mejora de las aeropistas, caminos de rodadura y zonas de estacionamiento y aparcamiento; las redes de avenamiento y galerías de servicios, del abastecimiento y evacuación de aguas; de las líneas de suministro de energía eléctrica, grupos electrógenos, alumbrado y fuerza; de las instalaciones de protección del vuelo, balizamiento, meteorología, centros de emisoras y receptoras, gonios y dispositivos de aterrizaje; de los hangares, talleres y almacenes; de la estación aérea con todos sus servicios; y, en general, de todo el conjunto de obras e instalaciones del aeropuerto, exige forzosamente la organización de los servicios técnicos correspondientes, dentro de una entidad capacitada. La Comandancia Aérea del Aeropuerto, análoga a la Comandancia de Marina en los puertos, debe asumir la dirección del tráfico aéreo en el aire y en tierra, pero es indispensable que coexista un organismo técnico-administrativo del aeropuerto, que tenga a su cargo, tanto las obras e instalaciones nuevas, como las de conservación y reparación, así como la explotación y administración del mismo. La composición de este organismo debe ser aquélla que le proporcione mayor eficacia técnica y económica y le permita actuar con más agilidad en todos los aspectos.

En resumen, el desarrollo del Plan de Aeropuertos Nacionales debe basarse en los siguiente principios.

I.—Los aeropuertos abiertos al tráfico aéreo civil deben ser considerados del dominio público nacional, y, por ello, interesan al Estado, en primer lugar, pero también muy particularmente a las comarcas y localidades que sirven. Debe, por consiguiente, establecerse un régimen de colaboración técnica y económica entre el primero y las segundas. Como el costo de estas obras es bastante elevado, no es posible aspirar a que sean sufragadas por las referidas regiones o localidades, pero sí es justo que éstas contribuyan en proporción a sus recursos y a la utilidad que ha de reportarles el aeropuerto. En principio, las participaciones regionales y locales serán mínimas en los grandes aeropuertos de interés nacional y deberán crecer gradualmente hasta alcanzar la proporción máxima en los pequeños aeropuertos de interés local.

II.—El Estado, por medio del Ministerio del Aire, tendrá a su cargo el estudio y ejecución de todas las obras e instalaciones de carácter técnico, es decir, las de preparación del campo de vuelo (aeropistas, caminos de rodadura,

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

zonas de estacionamiento y aparcamiento, avenamiento, balizamiento, etc.), las instalaciones de ayuda a la navegación (meteorológicas, radioeléctricas, etc.), la estación Aérea con sus servicios de Aduanas, Policía, Sanidad, Comunicaciones, etc. Deberá atender igualmente a las ampliaciones, mejoras, reparación y conservación de todas estas obras e instalaciones, así como a su explotación y administración.

Corresponderá, asimismo, al Estado, el mando del Aeropuerto y la ordenación del tráfico en el aire y en el suelo.

III.—Como órganos delegados de la Administración Central, deben crearse las Juntas Técnico-Administrativas de Aeropuertos, que, bajo la dependencia del Ministerio del Aire, se encarguen de la ejecución de todas las obras de construcción, mejora, reparación y entretenimiento de los aeropuertos, así como de la administración y explotación de dichas obras y de todas las instalaciones y servicios.

Estas Juntas, con personalidad jurídica adecuada, deberán ser autorizadas para emitir deudas con o sin el aval del Estado, Diputaciones, Municipios u otras Corporaciones, así como para establecer impuestos o cánones por la utilización de los servicios aeronáuticos, industriales o comerciales del aeropuerto, y para administrar e intervenir estos recursos y los demás ingresos de que pueda disponer, cualquiera que sea su procedencia.

El Gobierno, en la Ley de Presupuestos o en Ley aparte, fijará la cuantía de los empréstitos que autoriza y avala para hacer frente a los gastos de primer establecimiento de los aeropuertos, así como las subvenciones que asigna a los mismos.

IV.—En general, y salvo para determinados aeropuertos que serán designados por Orden Ministerial, no se emprenderán obras de infraestructura en ningún aeropuerto, y, por lo tanto, no se constituirá la Junta Técnico-Administrativa correspondiente, mientras no se cuente con una aportación conveniente (subvenciones y donativos de todas clases) de las regiones o localidades donde aquél radicará. Las expresadas Juntas serán constituídas por Orden Ministerial, y en ellas tendrán ponderada representación los organismos y entidades oficiales o privados que cooperen al establecimiento y conservación del Aeropuerto. Formarán parte de la Junta, como Vocales natos, el Comandante Aéreo y el Ingeniero-Director de las obras y servicios del Aeropuerto. Ambos dependerán exclusivamente del Ministerio del Aire, y su nombramiento y separación serán de libre designación de este Ministerio.

V.—Podrán ser objeto de concesiones a entidades económicas solventes (Cámaras de Comercio, Industria y Navegación, Cámaras Agrícolas, Compañías de Líneas Aéreas y otras), ciertas instalaciones de carácter industrial o comercial, como son los hangares, talleres, almacenes y otros locales necesarios para el alojamiento, entretenimiento y reparación de los aviones; almacenes, depósitos, medios de transporte de viajeros y mercancías, herramental para la manipulación de éstas; instalaciones de carburantes y lubrificantes, recreos, viviendas, establecimientos de venta al público, etc.

VI.—El conslderable volumen que alcanzan los movimientos de tierras en estas obras y las grandes cantidades de materiales que hay que emplear en la construcción de las aeropistas, caminos, zonas de estacionamiento, etc., exigen el empleo de un material moderno, mototraíllas, robaderas, tractores, motoniveladoras, zanjadoras, hormigoneras..., tal y como lo utilizan ya en otros países, y también en el nuestro, aunque en muy pequeña proporción. La falta de estos elementos encarece y retrasa grandemente las obras, y representa una diferencia de muchos millones en el coste de las mismas.

Mayo, 1950.

Terminada la exposición de este trabajo, interviene el Sr. Alfaro, quien, después de felicitar al autor, Sr. Roa Miranda, dice que, aun suponiendo que en España no existiese la potente industria aeronáutica que es menester crear a todo trance, no podría prescindirse de la construcción de los aeropuertos, que es inevitablemente lenta, por lo cual no puede improvisarse. Un buen aeropuerto, dice, atrae tráfico, atrae extranjeros y es fuente de divisas. Estima, pues, que la red de aeropuertos es indispensable y que hay que desarrollarla, como ha explicado el Sr. Roa. La situación geográfica de España en este aspecto es privilegiada, pues, si el porvenir de Europa está, como creen muchos, en Africa, España es una plataforma intermedia de valor incalculable. Añade que en el brillante trabajo que comenta ha echado de menos un aspecto de evidente importancia: los accesos, que se establecen con lentitud y que no deben descuidarse. Por último, manifiesta que las cifras que se dan en la Ponencia no le parecen excesivas ni alarmantes, y, en cuanto a su financiación, apunta que quizá pueda aplicarse un procedimiento análogo al que se sigue en la construcción de puertos marítimos, en los cuales se acude a empréstitos con la garantía del Estado, subscritos por los organismos más inmediata y directamente beneficiados.

El Sr. Roa agradece las palabras del Sr. Alfaro, coincide con sus puntos de vista y dice que algunos de ellos, como el de los accesos, están desarrollados en su ponencia y no los ha leído por no abusar de la atención de la Mesa y de los oyentes.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

El Sr. Pérez Frade también interviene haciendo ver la conveniencia de que se tengan en cuenta el transporte aéreo y sus necesidades y aportaciones dentro del campo de la economía, dando acceso a los Ingenieros Aeronáuticos como representantes de dicho transporte en los organismos correspondientes y en las Juntas de Ordenación económico-social y de Ordenación Urbana.

Reintegrado a la Presidencia el Sr. Roa Miranda, después del examen de su trabajo, concede la palabra a D. Carlos Manjón para leer la comunicación siguiente:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 281. - Accidentes de la circulación por carretera. Modo de reducirlos

Autor: D. CARLOS MEJÓN EUGERCIAS
Ingeniero de Caminos

En todos los países hay gran interés por reducir el número de accidentes de la circulación automóvil, considerándolos como una plaga que representa grandes gastos en la economía nacional, por pérdida de vidas, paralización del rendimiento de los heridos y valor del material que se destroza, hasta el punto de que constituye una preocupación de gobierno, como puede ser cualquier otra calamidad pública. En países de mucha circulación automóvil, como es Norteamérica, con 44.000.000 de automóviles, se ha llegado a la cifra de muertos por accidentes de la circulación doble de la debida a los del trabajo.

Hay causas de carácter general, que sin necesidad de estadísticas, se comprende que pueden dar lugar a accidentes, y entre éstas, la principal es la relación entre las características de la carretera y la velocidad que pueden desarrollar los vehículos, su peso y dimensiones, ya que es sabido que siempre va por delante el progreso del material móvil sobre el del camino, y por ello es necesario dedicar grande atención al mantenimiento de éste en las condiciones adecuadas para hacer frente, sin la más remota probabilidad de riesgo, a lo que de él pide el progreso en el material automóvil.

En España tenemos una red de carreteras sumamente deficiente, en relación con lo que reclama el progreso de la circulación automóvil, no sólo por lo que afecta al estado del firme, en gran parte en mal estado por falta de material bituminoso para su reparación ordinaria, sino por sus curvas de radio reducido, su falta de anchura y debilidad de sus puentes, lo que obliga a tener que limitar el peso y dimensiones de los vehículos para su circulación normal, y cuando se presentan peticiones de permiso de circulación para vehículos que exceden de ese peso y dimensiones, lo que cada día va siendo más frecuente, hay que ponerle tal número de restricciones para los itinerarios por los que se autoriza su circulación, que se hace difícil el aprovechamiento de esos vehículos, a no ser que prescindan de cumplir esas prescripciones, con el consiguiente riesgo de accidente.

Es, por lo tanto, fundamental el destinar una fuerte consignación para la mejora y modernización de las carreteras, y mientras tanto, no permitir la entrada en España de vehículos de mayor peso y dimensiones de los fijados en el Código de la Circulación para circular sin permiso especial, salvo en los casos en que se demuestre que el vehículo se va a destinar exclusivamente a un determinado itinerario de condiciones adecuadas a sus características y en cuyo servicio se va a obtener el máximo rendimiento, de modo que la excepción suponga una verdadera necesidad de la economía nacional.

A la vez que se atiende a la mejora y modernización de las carreteras, la estadística de la circulación nos enseña las medidas que precisa adoptar para reducir los accidentes, pero, para ello, es necesario que esa estadística sea lo más completa posible, lo que no se puede obtener sin adecuada vigilancia en la carretera, de modo que se tenga conocimiento del mayor número posible de accidentes, con todos los datos necesarios para determinar sus causas.

No tenemos, prácticamente, vigilancia en la carretera a los efectos de la circulación por la misma, por lo que la estadística de accidentes que poseemos es muy deficiente, y no pueden sacar de ella consecuencias muy completas.

El números de accidentes ocurridos en 1949, de los que ha tenido conocimiento la Inspección Central de Circulación y Transportes por Carretera, en las carreteras de las distintas provincias, clasificados por clases, causas y tipo de vehículo, es el siguiente:

Accidentes clasificados por clases

Choques	575
Atropellos	228
Vuelcos	308
Despidos y despistes	87
Incendios	15
Caídas desde el vehículo	24
Sin clasificar	39
Total	1.276

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Accidentes clasificados por causas. - Infracciones del Código de Circulación

Del art.	17 y 18 (exceso de velocidad)	211	
» »	21 (sentido de la marcha)	91	
» »	25 y 26 (cambio de dirección)	22	
» »	30, 31 y 38 (adelantamientos)	62	
» »	44 (detenciones)	1	
» »	49 (fuga del vehículo)	2	
» »	58 (dimensiones de la carga)	1	
» »	70 (tránsito de ganado)	3	
» »	133 (circulación de bicicletas)	6	
» »	144 y 147 (alumbrado del vehículo)	6	
			405

Averías

Agarrotamiento o rotura de la dirección	157	
Averías en los frenos	50	
Averías en el alumbrado	9	
Averías en la suspensión	17	
Otras	48	
		281

Otras causas

Reventón de neumático	28	
Impericia, negligencia o cansancio del conductor	118	
Imprudencia de la víctima	158	
Choque en paso a nivel	20	
Patinazo por lluvia, nieve o humedad	33	
Ganado espantado o abandonado	41	
Deslumbramiento	17	
Varios	54	
Se ignoran	146	
		615
Total		1.301

En algunos accidentes concurren varias causas:

Accidentes clasificados por tipo de vehículo

Camiones	774
Autobuses y trolebuses	150
Turismos	329
Motos	30
Tranvías	17
Carros	91
Bicicletas	75
Camiones oficiales	51
Turismos oficiales	23
Motos oficiales	10
Sin clasificar	13
Total	1.563

En algunos accidentes interviene más de un tipo de vehículo.

El número de víctimas ocasionadas ha sido:

Muertos	337
Heridos	2.313
TOTAL	2.650

Los accidentes ocurridos en núcleos urbanos en 1949, de los que ha tenido conocimiento la Inspección Central de Circulación y Transportes por Carretera, han sido en número de 5.530, con 154 muertos y 3.579 heridos.

Estos accidentes se clasifican en:

Choques	2.671
Atropellos	2.204
Sin clasificar	655
TOTAL	5.530

La relación entre el número total de víctimas y el de accidentes es:

En carreteras ... $\frac{2.650}{1.276} = 2,07$

En núcleos urbanos ... $\frac{3.733}{5.530} = 0,67$

El número total de víctimas por día es:

En carreteras ... $\frac{2.650}{365} = 7,26$

En núcleos urbanos ... $\frac{3.733}{365} = 10,22$

El número total de vehículos de motor mecánico que ruedan en España es de:

200 . 703

La relación entre el número de accidentes y el de vehículos es:

$$\frac{6.806}{200 \,.\, 703} = 0,033$$

y entre el número de víctimas y el de vehículos:

$$\frac{6.383}{200 \,.\, 703} = 0,031$$

La relación entre el número de víctimas y accidentes con el de habitantes en las principales ciudades de España, con arreglo a los censos de 1947, y a los datos de accidentes recibidos de 1949, es la siguiente:

	Por 1.000 habitantes	
	Víctimas	Accidentes
En Barcelona	1,8	1,6
En Sevilla	3,0	6,5
En Zaragoza	0,8	1,9
En Bilbao	1,8	6,7

Del Ayuntamiento de Madrid no se recibieron datos.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Vemos que la principal causa de accidente es la infracción del Código de Circulación, debida a la falta de vigilancia en la carretera que obligue a que se cumplan los preceptos del mismo, la que es fácil establecer; bastaría con un promedio de tres agentes motorizados por cada una de las 52 provincias, que al estar en constante movimiento por sus carreteras, denunciaran las infracciones que se cometieran, sin tener otra misión que esa, y dependientes de las Jefaturas de Obras Públicas.

Se debe revisar el vigente Código de la Circulación para introducir en él lo que la experiencia ha enseñado para la seguridad de la circulación, como es: la reglamentación del freno que deben llevar los remolques y vehículos articulados; establecimiento de placa de matrícula bien visible para las bicicletas, de modo que puedan ser fácilmente identificadas en marcha; la instalación en los autobuses y camiones de más de 3.500 kgs. de carga de un micrófono en su parte posterior, que transmita al conductor las señales acústicas de los que intenten adelantarlo, y una luz verde, también en su parte posterior, que se encienda cuando se aparte para dar paso a estos vehículos; revisión médica o psicotécnica periódica de los permisos para conducir de todas clases, cada cinco años a partir de los cincuenta años de edad para los de 2.ª y 3.ª clase de servicio particular; a los cuarenta y cinco años para los de servicio público, y para los de 1.ª clase, 1.ª especial y de trolebuses; establecimiento de preferencia en la circulación para los automóviles ligeros sobre los pesados y de grandes dimensiones; prioridad del peatón respecto al vehículo en los cruces de calles por los extremos de las manzanas; limitación a catorce años para la edad mínima para conducir bicicletas por las vías públicas, sin ir acompañado de una persona mayor, responsable; reducción de la velocidad máxima fijada para los camiones de 3.501 a 4.500 kgs. de carga útil, dejándola en 70 kms. por hora, aumentando en cambio la de los 8.001 kgs. en adelante, y estableciéndola en 50 kms. por hora; creación de la señal sobre el pavimento, de línea de trazos discontinuos separando dos vías, indicadora de la prohibición de adelantar en sitios peligrosos; aumentar notablemente el importe de las sanciones, en especial el de aquéllas que corresponden a infracciones graves, por considerar que es el medio más eficaz de velar por la seguridad en la circulación por carretera.

Es muy importante el que todo ciudadano conozca las reglas principales de la circulación que comprende el Código, para lo cual deben ser difundidas con carácter obligatorio en las Escuelas, Institutos y Cuarteles, mediante el establecimiento de una cartilla de carácter oficial, que contenga aquéllas de modo gráfico y de fácil comprensión.

Al mismo tiempo que, con las medidas indicadas, se reduzcan notablemente los accidentes de la circulación por carretera, es preciso atender a los usuarios de aquélla si su vehículo sufre avería o si son víctimas de accidente, no sólo con el auxilio que les pueda prestar el personal de Obras Públicas especialmente dedicado a la vigilancia de la carretera que se cree, sino con el establecimiento de puestos de auxilio, estratégicamente colocados, que, al mismo tiempo, faciliten al público información general.

Estos puestos de auxilio deben estar habitados de manera permanente por el encargado y su familia, dotados de teléfono y de un coche-ambulancia y coche-grúa. Deben constar de un edificio en el que, además de la vivienda del encargado, disponga de sala de intervención y despacho para el médico, habitaciones para hospitalizar heridos y estancia cómoda de descanso con un pequeño comedor. Aparte, debe disponerse un pequeño taller y una cochera para la ambulancia y la grúa.

Su emplazamiento debe ser no muy apartado de un pueblo en que haya médico, el cual debe tener a su cuidado el servicio médico del mismo.

Madrid, 6 de mayo de 1950.

Después de ello se pasa a la lectura del trabajo siguiente núm. 139:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 139.-Circulaciones y servicios en los grandes aeropuertos

Autor: D. JOSÉ FERNANDEZ AMIGÓ, Ingeniero Aeronáutico, en colaboración con los alumnos de la Escuela de Ingenieros Aeronáuticos D. JOSÉ ANTONIO GARCÍA POGGIO, D. ANGEL FIGUEROA GÓMEZ, D. ANGEL GONZÁLEZ HERRERO, D. RAFAEL RUBIO ELOLA y D. PEDRO SÁENZ GANCEDO

El presente trabajo comprende, como su nombre indica, el estudio del desarrollo, ordenación y relación entre las circulaciones aéreas y terrestres en los grandes aeropuertos, consideradas como puntos de soldadura y enlace entre ellos, así como la totalidad de los servicios que para su carga, descarga y mantenimiento exigen las aeronaves. Como puede comprenderse de lo anteriormente expuesto, el tema es bastante amplio y se presta, peligrosamente, a desviaciones que nos alejen del punto central en que quisiéramos localizar nuestra tarea sin más extensiones a uno y a otro lado, que las necesarias para abarcarlo y definirlo en todo su proceso. Entendemos, pues, que es de gran urgencia e interés el marcar desde el principio los límites a que nuestro trabajo ha de circunscribirse, comenzando por situar en el centro del mismo el problema básico que, de un modo especial nos preocupa (el del acercamiento de los aviones a las posiciones de carga, descarga y repostado, así como la ejecución de las mismas), aunque, lógicamente, para estudiarlo en debida forma, habremos de extendernos, de un lado, por las pistas de rodadura hasta las de vuelo, y de otro, por los muelles de carga y edificios de los servicios hasta la zona de llegada de vehículos terrestres que enlazan a la zona urbana con el aeropuerto. No obstante, en todo momento procuraremos no perder de vista que nuestro trabajo se centra preferentemente en el tráfico de los aviones en tierra y servicios de los mismos para evitar divagaciones que nos aparten del plan propuesto. No hay que decir que todas las consideraciones y estudios que se hagan sobre el tema habrán de serlo enfocadas, en primer lugar, desde el punto de vista económico; en segundo lugar, de la mayor comodidad del pasajero, y, por último, previendo en todo caso, en el grado que sea posible, las futuras evoluciones del material volante y del volumen del tráfico aéreo.

Nuestro trabajo se ordena en la siguiente forma:

1.º Reunión de todos los datos relativos al problema en varios apartados, que comprenden desde el estudio de las pistas de vuelo y rodadura, hasta el emplazamiento de talleres, edificios y hangares. El conocimiento de tales datos es, a nuestro juicio, básico y fundamental para un planteamiento adecuado del problema, pues en los mismos figuran todos los elementos necesarios para hacerlo, de acuerdo con las exigencias actuales del material volante y terrestre.

2.º A continuación, hemos de hacer ver la transcendencia, urgencia e interés del problema: claramente se deducirá la importancia que, desde el punto de vista económico, puede tener la racional y ordenada circulación, por cuanto disminuye la superficie afirmada en las pistas de rodadura, muelles y zona de estacionamiento, así como el tiempo de permanencia de los aviones en tierra, evitando, además, colisiones entre aparatos y vehículos auxiliares. Aparte de ello, hemos de recalcar la inaplazable necesidad de hacerlo así, por cuanto al tráfico creciente, de día en día, acabará en plazo brevísimo de tiempo por crear tropiezos y perturbaciones definitivas; y

3.º Compenetrados ya con ello del interés del problema, y antes de aventurar posibles soluciones o simplemente hipótesis sobre las que ellas podrían basarse, parece indicado conocer la forma en que el problema se ha enfocado en los principales aeropuertos mundiales, poniendo de manifiesto las dificultades que, a nuestro juicio, se plantean ya, y las que, con toda seguridad, habrán de seguirse presentando a medida que el tráfico aéreo aumente. A la vista de ello, se exponen algunas normas y sistemas para la circulación de aviones en tierra y ordenación adecuada de los necesarios servicios para llegar, finalmente, a obtener unas conclusiones de carácter general que, inmediatamente, referimos a nuestro problema nacional.

Comenzamos, pues, de acuerdo con lo anteriormente expuesto, por la exposición ordenada de todos los datos y elementos que nos han de servir de base para el planteamiento del problema, dividido en los siguientes puntos:

I. ESTUDIO DE LAS PISTAS DE VUELO Y RODADURA, ZONAS DE MUELLE Y CIRCULACIONES

Nos referimos, por supuesto, sólo a las correspondientes a los grandes aeropuertos clase A, de acuerdo con las exigencias de la O. A. C. I. Según ello, las pistas de vuelo deben tener las siguientes características:

Pistas de aterrizaje.

Anchura:

Pista de V. S. V.	2.550 m.
otras	2.150 »
mínima	1.800 »

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Longitud:

Pista de V. S. V.	90 m.
otras	60 »

Pendiente longitudinal máxima.

Total = 0,01. Parcial = 0,0125

acuerdos en curva con variación que no pase del 0,03 en 30 m.

Rasantes, 300 m. de longitud.

Pendiente transversal máxima = 0,015.

Resistencia

Peso del avión = 135.000 Kg.

Separación de ruedas, 12 m.

Presión, 8,5 Kg./cm².

y las de rodadura, estas otras:

Pistas de rodadura.

Anchura, **30 m.**

Pendiente longitudinal, 0,03 m. En casos excepcionales, 0,05 en 150 m. como máximo.

Los cambios, 0,01 en 30 m.

Pendiente transversal, 0,015.

Distancia entre ejes de pistas de rodadura.

Con pista de V. S. V.	240 m.
con otras de aterrizaje	165 »
con otras de rodadura	160 »
con un obstáculo	60 »

Distancia mínima a partir del cruce de ejes, a que se debe cumplir la condición anterior.

Con pista de V. S. V.	360 m.
con otras de aterrizaje	247 »
con otras de rodadura	150 »

Se fijan a continuación las distancias entre pistas pavimentadas paralelas y edificios:

Distancia mínima entre ejes de dos pistas paralelas de V. S. V.	450 m.
Distancia mínima entre ejes de dos pistas paralelas	210 »
Distancia mínima entre ejes de pistas de vuelo ciego y edificios del aeropuerto	225 »
Distancia mínima entre ejes de pistas de vuelo ciego y muelles de carga y descarga	210 »
Distancia mínima entre ejes de las tomas pistas y edificios del aeropuerto	110 »
Distancia mínima entre ejes de otras pistas y muelles de carga y descarga	75 »

Es de observar, sin embargo, que en tales especificaciones se prescinde de las características del material, defecto que fué especialmente manifestado en la conferencia de París de 1946, donde el Comité A. G. A. comenzó sus trabajos para un ensayo de clasificación más lógica.

Para una clasificación funcional, los factores esenciales que se deben considerar, son aquéllos que condicionan la evolución de los aviones al principio o al final de la trayectoria, es decir, el despegue y ascenso o descenso y aterrizaje.

Indicaremos a continuación cómo puede ser establecida una relación entre el material y el aeropuerto, o más precisamente, entre la carga alar y la carga por caballo, de una parte, y de otra, la longitud de las pistas.

La Conferencia Internacional de Chicago, de diciembre de 1944, ha recomendado adoptar para los multimotores la regla siguiente:

«La distancia necesaria al avión para rodar, despegar a una velocidad conveniente, frenar y detenerse si un motor tiene una avería en el momento de despegue —distancia llamada «aceleración parada»— no debe superar la longitud de la pista de vuelo.

Si un motor tiene una avería en un momento cualquiera después que el avión ha alcanzado la velocidad de despegue, debe ser posible proseguir el vuelo y alcanzar una altura de 50 pies (15 m. 24), por lo menos, en las condiciones indicadas por los datos sobre las trayectorias de vuelo, antes de franquear el extremo de la pista.

Admitimos que la velocidad de despegue es superior al menos en un 20 % a la velocidad de mínima sustentación.

La longitud mínima de la pista de vuelo es la misma de:

1.º La longitud necesaria para que el avión alcance velocidad igual a 1,2 veces la velocidad crítica, rodando en el suelo.

2.º La más grande de las dos longitudes necesarias, ya para que el avión desde esta velocidad pueda pararse, ya para franquear un obstáculo de 15 m. al final de la pista con un motor parado desde el momento de despegar.

La tabla siguiente da un orden de magnitud de las longitudes de pistas necesarias, calculadas para diferentes valores de la carga alar y de la carga por caballo, al nivel del mar en atmósfera seca, para temperatura de 15º, y para aparatos equipados con motopropulsores de hélices y frenos en las ruedas.

Carga en Kg./c.v.	Carga alar en Kg./m²			
	100 m.	200 m.	300 m.	400 m.
3	700	1.000	1.350	2.000
4	750	1.100	1.650	2.400
5	800	1.200	1.900	2.800
6	900	1.300	2.200	3.300
7	1.100	1.500	2.500	3.900
8	1.200	1.700	2.700	—

En lo que concierne a los aviones de reacción, parece resultar que los cálculos teóricos, que para sus características actuales, serían necesarias longitudes de pistas un poco superiores.

Pero el avión de reacción está ahora en sus comienzos. Sus características serán notablemente mejoradas antes de su entrada en servicio en las líneas comerciales. En los ensayos, los procedimientos nuevos de frenado y de aceleración en el despegue, han dado ya resultados satisfactorios. Se puede, pues, legítimamente, suponer que dentro de poco no necesitarán longitudes de pistas superiores a las impuestas por los motores con hélice.

Para el aterrizaje, se admite que el avión debe franquear el origen de la pista a 15 m. de altura, con los «plaps» fuera, a una velocidad superior al menos en 30 % a la velocidad crítica. El cuadro siguiente da un orden de magnitud de las longitudes de pistas necesarias:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

$\frac{P}{S}$ en Kg./m²	100	200	300	400
L en m.	600	900	1.400	1.500

La regla internacional no es válida para los monomotores. Se admitirá para ellos, que la longitud de la pista debe permitir pasar a 15 m. en su extremo.

El cuadro siguiente da una clasificación funcional de los aeropuertos:

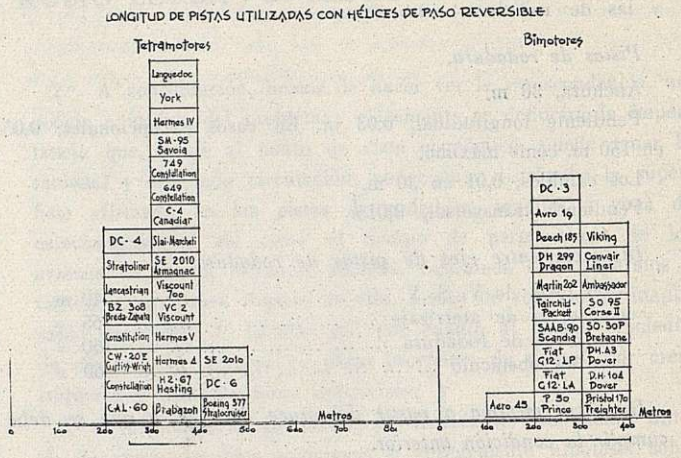
Sistema de referencia de la O.A.C.I.	Clase	Tráfico	Material: Peso máximo en Tm.	Material: $\frac{P}{S}$ en Kg/m²	Longitud de las pistas o bandas: Mínimo actual	Longitud de las pistas o bandas: Mínimo previsible en m.	Longitud de las pistas o bandas: Optimo previsible en m.
A-B	A	Transportes regulares a gran distancia ... ... > 1.500 Km.	135	300-400	(pistas) 2.100	2.500	3.000
C-D-E	B	Transportes regulares a distancia media y pequeña ... ... < 1.500 Km.	60	200-300	(pistas) 1.500	1.800	1.200
F-G	C	Transportes irregulares. Taxis aéreos. Turismo	20	100-200	(pistas o bandas) 800	1.000	800

El cuadro muestra, además, la correspondencia entre esta clasificación y el sistema de referencia de la O. A. C. I.

Se puede hacer notar que la discontinuidad entre las longitudes de las pistas de las clases C y B, proviene de que la regla «aceleración-parada» no se aplica más que a las clases A y B. La carga alar indicada es sólo aproximada, y la carga por caballo no interviene en la clasificación.

Debe hacerse notar también que tales medidas en las longitudes de pistas están expuestas a continua revisión al tener lugar la aparición de nuevos dispositivos de arranque y frenado. En cuanto a los primeros las catapultas parecen haber sido abandonadas, no así los de dispositivos auxiliares que proporcionan al avión la potencia mayor que necesita al iniciar el vuelo, y, en cuanto a la intensidad de frenado, parece ser que, en plazo brevísimo de tiempo, será puesto en servicio de modo general el sistema de hélices de paso reversible. Se fija en el 40 % de la longitud normal la que necesitarán los aviones con estas hélices para su total detención, sin contar el aumento de seguridad que tal dispositivo proporciona al hacer posible la detención del aparato, aun cuando la pista esté helada y la fácil maniobra en tierra al hacer factible que el esfuerzo de tracción de las hélices de una a otra banda sean de diferente sentido y, con ello, que el avión pueda virar en su propio terreno.

Con arreglo a esto es fácil obtener la longitud de pista necesaria para cada avión, pues, partiendo de la base de que en la totalidad de los casos las ruedas del avión toman contacto con la pista a distancia de 150 m. aproximadamente de su cabeza (distancia que es independiente del tipo de avión y únicamente depende de la habilidad del piloto), basta sólo sumarla a la longitud que ha de rodar para obtener el total de pista utilizada. Ésta es, para diferentes tipos de aviones, la que tenemos presentada en los gráficos correspondientes referidos, especialmente, a los casos ya dichos de hélices de paso reversible, puesto que éste ha de ser en el futuro el sistema más empleado. Vemos en ellos que la longitud de pista utilizada por aviones de cualquier tipo estará comprendida en los 200 y 400 mts. en pista de 2.150 mts. de longitud como mínimo, lo que muestra la necesidad de evacuación rápida de los aviones de la misma, a fin de no perder inútilmente tiempo en su rodadura.



Por esta razón los aeropuertos tangenciales, en que tal cosa no es posible, dan lugar a un entorpecimiento, pues para el aterrizaje en una pista de 3.000 mts., si ha de recorrerse toda, necesitarán los siguientes tiempos:

150 mts. que sobrevuela con velocidad de 120 Km/h. ... ... = 4,5 seg.

300 mts. que rueda frenando con velocidad de 120-30 Km/h. ... ... = 24,12 »

$\frac{}{2}$

2.250 mts. que rueda hasta el fin a 30 Km/h. ... ... = 5 min.

Se advierte la exagerada importancia de esta última cifra frente a las anteriores.

Después de ver las dimensiones y características de las diferentes superficies afirmadas en el proyecto de aeropuerto, pasaremos acto seguido al cálculo del tráfico, dando a conocer las indicaciones y datos empleados por los proyectistas americanos a fin de que podamos deducir por los mismos las rápidas evoluciones de tales servicios y revelar de modo más acuciante el problema que la circulación en tierra de tales aeronaves habrá de plantear con toda seguridad en los grandes aeropuertos.

Al enlazar una línea aérea entre dos grandes centros urbanos la parte que del tráfico terrestre o marítimo entonces existente, podría apropiarse el avión, sería la siguiente:

1.º Al ferrocarril, la totalidad de los viajeros de primera clase y un 5 % de los de segunda.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

2.º Al transporte marítimo:

	1.ª y 2.ª clase	3.ª clase
Trayectos superiores a 1.000 Km.	100 %	25 %
Trayectos inferiores a 1.000 Km.	50 %	12,5 %

Por supuesto, que tales cifras son bastante discutibles y que en nuestro caso particular habrán de someterse a revisión; pero como no es éste el objeto de nuestro presente trabajo, nos limitamos a exponerlo simplemente para dar idea de la importancia del tema.

Para el futuro, se admite que la curva de desarrollo tendrá la misma forma que el desarrollo del tráfico comprobado en el curso de varios años; resulta de ello que el orden de magnitud del tráfico previsible en unos veinte años se obtendrá multiplicando por:

— 10 el tráfico-base a gran distancia.
— 6 el tráfico-base a media distancia
— 4 el tráfico-base interior.

De la cifra máxima de viajeros por hora se deduce el número máximo de movimientos (salidas o llegadas) y se admite una capacidad media de los aviones (70 para las grandes líneas, 50 para las líneas medias, 25 para las líneas interiores) y un porcentaje medio de plazas ocupadas (75 %).

El tráfico de mercancías también ha motivado estudios, pero la incertidumbre es más grande que para el tráfico de viajeros porque las corrientes comerciales no son las mismas. El método consiste en hacer una encuesta minuciosa acerca de los transportes, órganos de gremios, productores y cámaras de comercio. Entre las mercancías susceptibles de ir en avión se cuentan:

Las de alto valor (alhajas, cuadros).

Las que se estropean pronto (flores, animales, frutas).

Las que responden a una necesidad urgente (medicinas, piezas de recambio), o a un interés pasajero (modas, películas, periódicos, cartas).

La ventaja de evitar un trasbordo o de simplificar el embalaje tiene gran importancia.

Parece que el tráfico de las mercancías puede ser fácilmente absorbido en las horas de poco tráfico. Éste no conduce, pues, a aumentar el tráfico simultáneamente en las horas de punta.

Conocida, por lo anteriormente expuesto, la importancia creciente del tráfico aéreo, pueden adaptarse los números que se obtengan de tales estudios para, como dijimos, hacer ver la complejidad que plantea la circulación en tierra de tales aparatos, así como sus servicios. Podría, no obstante, argüirse que, para un tráfico tan intenso, un solo aeropuerto podría no bastar y que, en este caso, el problema general, al dividirse en otros parciales, dejaría totalmente de existir: Vamos, no obstante, a ver a continuación cómo el problema de tráfico intenso y circulación complicada se presenta incluso en el caso actual de aeropuerto con sólo dos pistas de utilización simultánea.

En efecto, para pista simple se admiten las siguientes especificaciones:

Una pista dedicada únicamente a aterrizajes o a despegues, permite 60 movimientos por hora.

Una pista no especializada, 40 movimientos.

Las siguientes reglas son aplicables al vuelo con instrumentos:

Una pista especializada permite 60 despegues.

Una pista especializada permite 20 aterrizajes.

Una pista no especializada permite 40 movimientos.

En el caso de pistas paralelas admitiremos que dos de ellas decaladas en Z tienen en explotación simultánea una utilización igual a la suma de la de las dos; cuando, por el contrario, las dos pistas paralelas estén situadas una al lado de la otra, la utilización total queda disminuída alrededor del 10 %.

Areas de estacionamiento: Llamamos así a todos los lugares de detención de los aparatos, para las operaciones de carga o descarga de pasajeros o mercancías, y también, en los aeródromos A y B, para el estacionamiento de los aviones comerciales en reposo, que normalmente no están al abrigo de hangares.

Su importancia depende del tráfico, es decir, del número de movimientos en la hora de punta.

Se admite que el estacionamiento medio de un aparato es, por lo menos, de 20 minutos, para subida o bajada de pasajeros y los equipajes. El número de muelles es, por lo tanto, 1/6 del número de movimientos horarios previstos.

Se repartirán estos muelles proporcionalmente a los números de los aviones de cada clase previstos en el tráfico horario, y se tomará para forma de un muelle un círculo igual a 4/3 de la envergadura del avión tipo.

Lógicamente se ve que siempre se ha procurado que tales muelles estén situados bordeando el área y lo más cerca posible del terminal. Habida cuenta la separación de una quincena de metros que conviene reservar para las diversas circulaciones delante de los muelles así determinados, se puede admitir de modo poco aproximado que la superficie necesaria para las operaciones debe representar 2,5 a 3,5 veces la superficie total del número de aviones previstos en muelles. Área que, como se comprende, en el caso de cualquier gran aeropuerto es excesivamente extensa y plantea inmediatamente el problema de hacer que el edificio terminal no diste demasiado de sus extremos, a menos de concebir el mismo con una serie de salientes que crean extraordinaria complejidad al movimiento en tierra de los aviones para acercarse a ellos o abandonarlos.

Las áreas necesarias para el aparcamiento de aviones en los aeropuertos A y B pueden estar dentro de las áreas de operación. Se reservan grandes espacios para la circulación de aviones y vehículos de todas clases, o separadamente, según la concepción del plan de conjunto. Su importancia puede variar, según la clase, de 2 a 3 veces la superficie prevista para los aviones en muelle, lo que permite el aparcamiento, en fila doble, uno al lado del otro, de un número de aviones doble de los que están siendo atendidos.

En el caso de que este área esté comprendida entre dos vías de circulación, las servidumbres y separaciones estarán conformes con las reglas sobre obstáculos. Cada fila de aviones colocados unos al lado de otros están considerados como un obstáculo fijo representado en proyección horizontal por el rectángulo que envuelve la fila y de anchura igual a la envergadura del avión-tipo de la clase de aeródromo considerado.

Según Prokosch, un estudio más exacto del número de posiciones requeridas para un aeropuerto puede ser hecho en la siguiente forma:

1.º Deducir el tráfico de la hora de pico tomando el 20 % del tráfico diario total.

2.º Conocimiento de la clase de dicho tráfico, esto es, si son ramales, líneas principales o internacionales. Si lo que conoce-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

mos son los números de viajeros, el cálculo de estos aviones se hará a base de 15 pasajeros por avión de enlace o ramal y de 30 por avión de líneas principales o internacionales.

3.º Convertir el número de operaciones por hora en número de posiciones requeridas basándose en los siguientes datos: líneas ramales, 5 minutos por operación, en vuelo de paso o de término; 12 minutos por operación en vuelos de salida (de origen). Línea principal 7 1/2 minutos por operación en vuelo de paso o de término, 15 minutos en vuelo de salida o de origen. Línea internacional: 15 minutos por operación en vuelos de paso o de término; 30 minutos por operación en vuelo de origen o partida.

Los datos se refieren a tiempos consumidos; es decir, indican un ciclo completo de empleo de una posición incluyendo la rodadura hasta la misma, la realización de las operaciones necesarias y la partida de éste.

Los datos expuestos no deben ser tomados como criterio inflexible, sino, más bien, como normas que se deben promediar, en la práctica. Su uso debe ser razonado con una interpretación racional de los factores locales.

Habrá que tener en cuenta, a más de los posibles viajeros que van a utilizar el aeropuerto, el problema del repostado en general, pues si el aeropuerto se encuentra en un punto clave para varias líneas, habrá que prever que los 7,5 minutos concedidos para operaciones en el vuelo de paso, serán insuficientes para tales operaciones y habremos de fijar los 10 minutos.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto podemos deducir el total de las operaciones y posiciones para un aeropuerto que, dotado de pistas dobles en Z, permiten un total de 120 operaciones por hora, y que hayan de cubrir un 60 % de tráfico en aviones de término y origen y un 40 % de paso, tendremos entonces:

36 operaciones de término de 7,5 minutos cada una (excluímos, por supuesto, el tiempo de repostado que para hacerlo necesitan los aviones en los hangares o áreas de aparcamiento)	6 posiciones
36 operaciones de origen a 15 minutos...	9 »
24 operaciones de paso en líneas internacionales a 15 minutos...	6 »
	24 posiciones

Vemos, pues, que en este caso, admitiendo que la separación de las mismas haya de ser en el futuro de 90 mts. (cifra que no es excesiva si se tiene en cuenta que las envergaduras del «Consolidated» o del «Brabanzon» son ya de 70,1 mts.), sería preciso una zona de contacto de 2.160 m. imposible de abarcar por un solo edificio.

Por supuesto que para la obtención de tales datos hemos partido de un total de 120 operaciones posibles en una doble pista. Tal número de posiciones puede considerarse hoy un poco excesivo, pero no es así porque, a nuestro juicio, es factible que en el futuro sea superado cuando ocurra.

1.º Que todos los aviones lleven dispositivos de frenado aerodinámico (hélices de paso reversible), pues así se reducirían hasta en un 60 %, como hemos dicho, las carreras de aterrizaje y, con ello, mediante un sistema bien ordenado de ramales que permitan despejar las pistas de vuelo en varios puntos del recorrido, será posible una utilización más intensa.

2.º El empleo de dispositivos auxiliares para el arranque, pues también se reduce el tiempo necesario para cada operación en las pistas de despegue.

3.º La supresión de las áreas de calentamiento al no ser preciso, como hoy día, que los aparatos prueben sus motores o establecer que lo hagan lejos de las pistas de vuelo.

4.º Acceso amplio y fácil —con anchura suficiente y curva de gran radio para que los aviones puedan llegar a las pistas de vuelo con relativa velocidad ya «hecha parte de la carrera de despegue»—. Por añadidura, al tiempo que hemos fijado como medio para cada una de las operaciones de carga, descarga o paso habrá de incrementarse otro, no previsible, en cuanto se presente la más mínima dificultad de orden técnico (pequeña revisión o avería) meteorológico o personal, por lo que la cifra 2.160 m. fijada como desarrollo de muelles de contacto único, habrá de ser mayor para admitir la posibilidad de un mayor número de posiciones.

Hasta ahora la disposición generalmente adoptada en los aeropuertos que tengan que atender a vuelos de origen, paso y terminales, es que los muelles para éstos se sitúen en un lado o extremo final de la cancha aquellos destinados para vuelos de paso y escala en el centro, y los vuelos de partida en el extremo opuesto. En aeropuertos que solamente sirven como puntos de escala, las posiciones están situadas simétricamente con relación al terminal. En los que son de paso para vuelos internacionales e interiores, así como terminales, las posiciones de salida internacionales e interiores están situadas en un extremo, a continuación las de paso para interiores, después las de paso internacionales y en el otro extremo las de término para interiores. En cada caso, las posiciones para salidas, están situadas a la derecha, y las de entrada en la izquierda del terminal. Este emplazamiento permite una corriente continua de público y vehículos auxiliares de tierra, estos últimos descargando y tomando pasajeros.

Para este tipo de planteamiento se ha supuesto una premisa básica: que todas las posiciones son compartidas por todos los usuarios; esto quiere decir que no se designan posiciones específicas a cada línea, lo que, sin embargo, no excluye la localización en determinadas zonas de los movimientos operativos de las líneas aéreas a lo largo de la cancha, y la situación o colocación de los aviones dentro de una proximidad razonable a su zona de operación para los vuelos de origen y de paso. Si una estrecha operación es mantenida entre varias líneas y entre éstas y los operadores de regulación, este sistema puede llevarse a cabo casi perfectamente, con la sola dificultad de los largos transbordos que deben hacer los viajeros de paso (de un extremo a otro de la cancha).

En la actualidad, no obstante, existe general controversia sobre el diseñado de terminales de aeropuertos y se proponen planes centralizados y descentralizados de muelles digitados o en línea. Ejemplo de ellos veremos en los grandes aeropuertos que hemos de describir apreciando en todos ellos el excesivo coste de los gastos de construcción y mantenimiento de las posiciones que se han de construir.

Son problemas no resueltos el de las distancias, muchas veces excesivas, que los pasajeros deben recorrer, el de la complicación en la circulación de los mismos, especialmente, en los casos de transbordo y, por último, el de las dificultades o imposibilidad de especializar posiciones en la cancha para los diferentes servicios y compañía a riesgo de exponernos a que una

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

de tales posiciones esté vacía y en larga espera otro avión que no sea de la categoría correspondiente (internacional, por ejemplo, o de llegada) y de su misma compañía.

II. CARGA Y DESCARGA DE PASAJEROS Y MERCANCÍAS

Acabamos de ver en el punto anterior el problema que plantea la complejidad y gran número de posiciones que son necesarias en un aeropuetro de tráfico intenso por las dificultades de construir un edificio terminal que centre la línea de contacto por longitudes superiores a los 2 Km. Veamos ahora cómo está planteado el problema hoy día, de la carga y descarga de pasajeros y mercancías en los aeropuertos a causa de la altura de la escotilla del avión que, por adopción de la rueda de morro, se ha elevado extraordinariamente (unos 3 mts.) Prescindiendo de ensayos de dudoso éxito (escaleras ocultas en el fuselaje de la casa Martin, «tapis roulant», puentes de carga, plataformas, etc.), el sistema casi generalmente empleado es el de todos conocido: escalerillas más o menos complicadas que ruedan por la cancha, se adaptan al avión y tienen los siguientes inconvenientes:

1.º Pérdida de tiempo en transportar las escalerillas y adaptarlas al avión.

2.º Incomodidad para el viajero:

a) Como consecuencia del esfuerzo.

b) A causa de las inclemencias meteorológicas (viento, lluvia, nieve, etc.) que pueden verse obligados a soportar.

3.º Peligro para los pasajeros, que han de cruzar parte de la cancha, por la que circulan aviones, carretillas, etc.

4.º Peligro para el material a causa de la posibilidad de tropezar con la circulación de estos accesorios.

5.º No pequeño coste, debido a la gran variedad de escalerillas necesarias para servir a los distintos aviones (junto a la complicación de su estacionamiento) o a la complicación de una escalerilla universal.

Como datos que habrán de servirnos para el estudio y crítica de las soluciones que más adelante habremos de proponer, haremos constar que normalmente se tardan 4 minutos en cargar un avión de tipo medio de pasajeros y 7 el de mercancías, y tiempos análogos para carga. En el caso de mercancías no habremos de ocuparnos sobre este particular, ya que tal operación puede y debe ejecutarse en lugar apartado de la zona del edificio terminal, sin entorpecer el tráfico.

No insistimos más sobre este punto por estimar evidente la falta de lógica y eficacia de las soluciones actuales y la necesidad a costa de lo que sea de resolverlo o paliarlo.

III. SERVICIOS GENERALES DEL AVIÓN.

Una vez conocido el número de posiciones necesarias y la forma en que se efectúa la carga y descarga de los aviones en ellas, procedemos a la exposición de todos los servicios que las aeronaves necesitan hacer en tierra, con objeto de darnos cuenta de la complejidad del tráfico por la zona de la cancha de todos los vehículos destinados a atenderlas, siempre muy grande, aun en el caso de que se haga gran número de ellas por galerías subterránea, como parece ser la tendencia actual. En el concepto general de servicios generales del avión, comprendemos aquellas servidumbres necesarias en tierra mediante las cuales queda dispuesto para emprender de nuevo el vuelo y cumplir lo mejor posible su misión. Quedan incluídos también en este concepto los dispositivos de seguridad y facilitación de las citadas operaciones. Estos servicios son los siguientes:

1. Limpieza (interior y exterior).—2. Agua.—3. Gasolina.—4. Aceite.—5. Aire acondicionado.—6. Aire comprimido.—7. Flúido eléctrico.—8. Revisiones (frenos, motores, etc.).—9. Sanidad.—10. Policía.—11. Alimentos.—12. Incendios.

El tiempo que actualmente ha de emplear un avión en tierra para ser atendido por estos servicios es, hoy día, de gran importancia, y cualquier reducción que se pueda hacer en el mismo se traducirá, como vamos a ver, en gran economía.

En efecto, considerando un gran aeropuerto actual, en el cual una posición de carga se usa diariamente durante 18 horas acomodando 36 aviones a un tipo medio de 30 minutos por cada uno, y suponiendo que con el mejoramiento de los servicios se llegue a un ahorro de la mitad de este tiempo, es decir, a 15 minutos de permanencia del avión en el muelle por término medio, se llega a las siguientes magnitudes:

En las citadas 18 horas podrían ser atendidos 72 aviones, en lugar de los 36 anteriores, con lo cual mejoraría el rendimiento del aeropuerto y, por lo tanto, los ingresos de las entidades propietarias de él y de los diferentes servicios. Las compañías aéreas podrían sumar 15 minutos de vuelo (es decir, de tiempo rentable) a cada avión entre cada dos escalas. Esto supone que, si un aeropuerto como el que consideramos, llega a estas cifras, proporcione un aumento de tiempo rentable a las compañías de 18 horas diarias. Como se puede suponer, con un tipo de avión medio de 25 pasajeros y velocidad de crucero comercial 175 millas-horas (281 Km./h.), tendríamos un aumento diario de:

$$18 \times 175 \times 25 = 78.250 \text{ pasajeros-milla} = 1.267.000 \text{ pasajeros Km.}$$

que a 5 céntimos el pasajero milla da:

$$0{,}05 \times 78.750 = 3.937{,}50 \text{ diarios}$$

es decir = 1.400.000 por año.

Todo esto, claro es, solamente es verdadero en las horas de punta del aeropuerto ocupados todos sus muelles, pero da idea de la importancia del problema.

Asimismo, el coste de instalaciones del aeropuerto por avión servido bajará notablemente, puesto que servirán las mismas para doble número de aviones. El orden de este ahorro, suponiendo un muelle de 131 mts. de ancho y posiciones de servicio cada 45,8 mts., será, por posición suprimida, de 5.500 m^2, que a 150 ptas./m^2 de superficie afirmada de muelles, da un ahorro de 825.000 ptas. por muelle suprimido.

Todo esto, claro es, sin tener en cuenta el coste de muelles dotados de galerías de servicios, pues, en este caso, la economía, como veremos al tratarlos más tarde, será notablemente superior.

Al mismo tiempo se consigue disminuir la rodadura de los aviones y una fácil acomodación de la zona de muelles dentro del aeropuerto debido a la disminución en sus dimensiones, lo que puede ocasionar fuertes ahorros de explanación, etc., etc.

Hemos tratado hasta aquí el aspecto económico del ahorro de tiempo con respecto al aeropuerto y a las compañías arrendatarias del mismo.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

En cuanto a la comodidad, el citado ahorro de tiempo en los servicios influye notablemente en el tráfico de paso, pues al ser menor el tiempo, será más reducido el número de posiciones, lo que lleva consigo menores distancias que tenga que recorrer el pasajero y, al mismo tiempo, un «estar más a mano» de todos los servicios que pueda necesitar.

Acto seguido vamos a ver las soluciones actualmente en uso, y también las proyectadas para cada uno de los servicios indicados anteriormente. En general, se pueden clasificar en dos grandes grupos: soluciones a base de tráfico vehicular (que son las actualmente en uso) y soluciones a base de conducciones subterráneas (que son las ideales hacia las cuales tienden casi todos los proyectos). Entre unas y otras existe un grupo que pudiéramos llamar mixto, pues tiene elementos de ambos.

Estudiemos primeramente los diferentes servicios por separado.

1-2.—*Limpieza-Agua.*

Estos dos, en la actualidad, suelen ir unidos, puesto que en los actuales aviones de transporte los únicos usos del agua son el servicio de cocina, retretes y lavabos en el interior y, en algunas excepcionales ocasiones (temporales, etc.), la limpieza de parabrisas y, en general, del avión completo.

El «Ministerio de Trabajos Públicos y Transportes» francés da, en la página 147 de «Instrution sur L'amenagement des bases et des routes aeriennes», un servicio máximo exterior de 300 litros de agua por avión, recomendando un gasto medio que oscile entre el 30 % y el 50 % de esta cantidad y, por lo tanto, habrá que poner un depósito regulador para las horas de punta. En los aeropuertos actuales se ejecutan mediante un camión llamado de limpieza, exclusivo para este servicio. E. R. Tramel prevé para la limpieza de retretes, etc., una manga de agua potable de diámetro 15,24 cm. empalmable al avión y al foso a que llega la conducción de agua (sistema de galería de servicio), y otra de aguas residuales del avión que comunique con una atarjea (dentro de la galería) de 20,32 cm. de diámetro.

Para el llenado de los depósitos de agua del avión se une una segunda manga de agua potable.

3-4.—*Gasolina y aceite.*

Estos dos servicios también marchan siempre juntos. Es el primero el de más importancia, debido al mayor tiempo en su ejecución; por lo tanto, éste será el que fijará la permanencia en los muelles, puesto que los dos servicios se ejecutan al mismo tiempo.

El servicio para las Army Air Forces consistía en un tractor con dos tanques de remolque de 30.280 litros que pueden atender a cuatro aviones al mismo tiempo o los cuatro depósitos de uno grande, es decir, cada remolque dos mangas.

Existe también un camión-cisterna tipo Ihell, de 5.680 litros de capacidad y capaz de dar un gasto de 304 litros/minuto.

Zwreng da como depósitos convenientes en los grandes aeropuertos los de 3.960-7.920 l. de capacidad.

Respecto del gasto a prever para las mangas de los grandes aeropuertos Froesch da 230 litros/minuto.

Los pozos de alimentación deberán dar un gasto de 190-380 litros en igual período.

5-6.—*Aire acondicionado-Aire comprimido.*

Para los dos servicios se usan exclusivamente en la actualidad los sistemas móviles montados sobre camiones.

El sistema de acondicionamiento de aire, que tiene por objeto regular el movimiento, temperatura, olor, humedad, gases tóxicos, polvo y bacterias, es, en la actualidad, bastante intermitente, pues no lo usan todos los aviones ni en todas las épocas del año; no obstante, debe preverse para el porvenir, si bien parece apreciarse una tendencia actual de que sean los propios aviones quienes lleven su equipo y acondicionamiento.

El aire comprimido usado para el inflado de neumáticos consta, exclusivamente, de un sencillo compresor montado en un camión cualquiera del servicio.

7.—*Flúido eléctrico.*

Las redes de alimentación necesarias para el arranque y demás servicio del avión en tierra se reducen a dos: la de 12 y la de 24 voltios, ambos de corriente continua, que se obtienen en la actualidad mediante un grupo electrógeno portátil montado en un carrillo. Algunas veces se añade corriente alterna a 110 voltios para iluminación del muelle y operaciones de carga y descarga, y al mismo tiempo que esto, permitirá la utilización de bombas y materiales auxiliares para las operaciones de limpia, carga, etc.

8-9-10-11.—*Revisiones-Sanidad-Policía-Alimentos.*

Estos servicios son de poca monta en cuanto a su tráfico personal y tiempo, además de que los dos últimos son intermitentes, puesto que no todos los aviones los necesitan. De todas formas, excepto el último, no son necesarios más vehículos alrededor del avión y sí sólo los individuos encargados de su ejecución. Por lo tanto, sólo habrá que tener en cuenta el traslado de los alimentos, cosa que no ofrece dificultades.

12.—*Incendios.*

Este es un servicio importantísimo, por las consecuencias catastróficas que un incendio puede producir en un aeropuerto. Hasta ahora exclusivamente ha sido montado este servicio en vehículos.

Los elementos usados para la extinción de incendios en los aeropuertos han quedado reducidos al CO_2, al agua, a la cortina de agua y a la espuma. Todos estos elementos son susceptibles de montarse en camiones, y así tenemos las siguientes unidades contra incendios para grandes aeropuertos:

Auto-bomba Nothsap Amialsais Inc., de 22 toneladas. Llena 2.700 Kg. de CO_2 y tiene 14 tubos con una presión de 9 atmósferas, dirigidos todos desde el puesto del conductor. Lleva, además, 1.900 litros de agua para formar niebla protectora.

En Ginebra se usa un camión de 22 toneladas con 4.000 litros de agua para niebla y 30.000 litros de espuma; utiliza dos motores de 150 C. V.; uno, para la tracción, y otro, para las bombas. También se usan en el mismo aeropuerto extintores de CO_2 montados en «jeeps». Asimismo, se dispone de otro camión de 10 toneladas con 4 mangueras para 50.000 litros de espuma. Este vehículo tiene velocidades mayores de 70 Km/h. Existe también un remolque con 16 cilindros de CO_2 de 30 Kg. cada uno.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Conocidos hasta ahora los diferentes servicios que el avión necesita en tierra vamos a continuar el estudio de los mismos fijando las exigencias de cada uno de ellos, de acuerdo con las normas usuales, haciendo una crítica de los distintos sistemas hasta hoy empleados.

1-2.—*Limpieza-Agua.*

Al agua ya anteriormente indicada habrá que añadir la necesaria para el servicio de incendios y, además, prever para el futuro la posible inyección de agua en los motores de reacción y, quizás, la vuelta a la refrigeración por ella de los motores. Por ello es necesario prescindir de los tanques de agua para limpieza, incendios, etc., y llegamos a la solución de la conducción de agua subterránea elevada a las presiones requeridas mediante bombas adecuadas.

Según el Ministerio de Trabajos Públicos francés, el agua para incendios debe tener una presión de 9-12 Kg/cm², mientras la normal debe tener 4,5 Kg/cm².

Para el cálculo de agua necesaria para incendios se prevén 3,5 litros/m² min., durante 50 minutos, es decir, 175 litros/m², de superficie protegida.

3-4.—*Gasolina y aceite.*

Froesch, en su libro, da las siguientes condiciones para este servicio:

1.ª Mínimo trabajo para cada operación.

2.ª Fácil carga del depósito.

3.ª Uso por personal profano.

Estima que, para los aeropuertos grandes, tienen más ventajas los pozos de alimentación, aun con la complicación de tenerlos que proteger contra la lluvia, peso de camiones, etc. Los pozos tienen las ventajas de acelerar el servicio del avión, evitando el embotellamiento, además de eliminar toda clase de autos y, por lo tanto, los importantes accidentes por colisión y atropello.

En los grandes aeropuertos, en las que las clases de gasolina que se emplean (excepto pequeñas cantidades) son a lo más dos (110-130 y 115-145 octanos, según los motores en uso), es económico el uso de conducciones para estas clases y de camiones-cisternas pequeños para las gasolinas de otra clase. Estos coches, según Froesch, deben ser de 1/2 tonelada, con gasto mínimo de 380 litros/min.

La Wayne Pump Company ha propuesto un sistema mixto con una manga de 31 m., que se une al pozo de alimentación por un lado y una bomba montada en un móvil. De ésta, parte otra manga de 9 m. que va al avión. Como se nota, esto, aunque muy flexible, es bastante engorroso, puesto que no elimina el tráfico rodado, que es el principal objeto de la supresión de los camiones.

Zweng da las siguientes recomendaciones:

Para aeropuertos clase IV y V, que necesitan dar servicio a cuatrimotores de más de 4.000 galones, con dos clases de gasolina se puede cubrir el suministro. Los tanques enterrados deberán cubrir las necesidades del tráfico, pero no ser demasiado grandes (uno solo), pues el aire producirá la evaporación y, por lo tanto, pérdidas. Los más usados son de 1.500-3.000 galones. Los tanques deberán estar enterrados fuera del área de servicios con un local de bombas cercano. Gran importancia respecto de la economía es situar los depósitos en el C. D. G. de la zona de servicios.

Con camiones sale más caro el galón de gasolina, por necesitar más hombres, tener más pérdidas, dar obstrucciones, más peligro de fuego, menos seguridad y más colisiones.

Solamente serán ventajosos en donde estén muy separadas o varíen las posiciones de los aviones que haya que aparcar.

Los nuevos aeropuertos llevan sistemas de mangas de 200 galones por minuto o más.

En resumen, para la carga de gasolina se necesita:

1. Eliminación de cargas estáticas eléctricas, por tierra.
2. Extintor de incendios preparado durante la carga.
3. Poner los tanques debajo de tierra para evitar evaporaciones.
4. Tener los tanques llenos y evitar la condensación de agua.
5. Buen emplazamiento y seguridad de las tomas de llenado de los tanques.
6. Evitar el derrame de gasolina.
7. Notificar a los pilotos las variaciones en clase y cantidad de gasolina pedida que se puedan presentar.
8. Usar equipos contra fuego y explosiones (motores, luces, etcétera).
9. No llenar demasiado los tanques de los aviones.
10. Llevar cuenta de la gasolina en los depósitos y de la gastada.

Pasemos ahora a la opinión francesa dada por el Ministère des Travaux Publics et des Transports en «Instruction sur l'amenagement des bases et des routes aeriennes»:

La capacidad del depósito es función de la duración del almacenaje, de la intensidad del tráfico y de su repartición, según la categoría de los aviones.

La reserva del almacenaje depende de la posición geográfica del aeropuerto (particularísimo). En el caso más favorable se tendrá un mínimo de tres días, aunque puede llegar a 20 o más (Colonias).

Consumo diario para cada tipo de aeródromo:

Aeródromo	Radio de acción Km.	Depósitos en litros
A	6.000	20.000
	3.000	6.000
B	1.500	3.000
C	1.000	1.000
D	500	200

Da ahora un cuadro de cálculo con número de aviones por día para los diferentes aeropuertos:

A = 300 aviones/día; B = 200; C = 75; D = 60.

Situación del depósito.—Hay que tener en cuenta en el porvenir el peligro de los motores de reacción.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Llenado de depósitos.

Aeródromo	Capacidad de un aparato l.	Duración máxima de llenado min.	Caudal práctico l/min.
A	10.000 a 25.000	30	900
	5.000 a 8.000	30	250
B	2.000 a 5.000	30	200
C	500 a 1.200	20	60
D	100 a 500	15	40

ciertos prototipos tienen capacidad de 80.000 l.

Para los tiempos anteriores se ha supuesto duración normal de una escala 1 h.

Llegada, salida, embarque y desembarque de pasajeros, equipajes, mercancías, 30'; gasolina, aceite, aire, etc., 30'.

Métodos de distribución.

Distribuidores ... ... { Móviles. / Fijos.

Móviles.

Los bidones con bombas de mano son anticuados, lentos, peligrosos y antieconómicos, por su evaporación.

La capacidad de las cisternas varía de 6.000 a 30.000 litros.

Los caudales varían de 40 a 800 litros/min.

El límite práctico para la manga corriente de (50 mm.) (cómoda y usual), es de 400 litros/min., pero se pueden utilizar dos mangas, una en cada depósito.

Con cisternas se obtienen los tiempos del cuadro anterior.

Inconvenientes.—Inseguridad por la cantidad de camiones en los muelles. Peligro por los gases que se escapan, los juegos de la manga y las colisiones de los camiones.

Precauciones.—Evitar toda causa de llama a 20 mts. (chispa, electricidad).

Los reglamentos exigen puesta a tierra con cadena metálica, así como de las partes metálicas de las mangas.

Se debe disponer la zona del muelle de forma que, si cae la gasolina, pase a recipientes enterrados.

Fijos.

La presión se obtiene por... { depósitos de carga, / presión a gas neutro, / presión a líquido de más densidad, / bomba.

Estos sistemas tienen las ventajas de gran facilidad para filtros, separadores de agua y aire, y contadores.

Son prácticas las mangas con cierre automático y tubos empalmables.

Los puestos pueden ser elevados o bajo el suelo.

Los primeros son obstáculos y, por lo tanto, se retiran al borde del área y entonces aumentan en longitud las mangas o sólo se usan camiones pequeños.

Los enterrados pueden ser peligrosos en la rodadura de los aviones.

El agua se mezcla con gasolina, los vapores forman mezclas explosivas. Las mangas se obstruyen antes.

Otras al nivel del suelo a las que llegan la gasolina a baja presión y de allí a la bomba, que da una presión de 10 mts. de agua.

La bomba, los contadores, los filtros y las mangas se arriman en un carro manil eléctrico.

Este sistema da 900 litros/min., suficiente para los grandes aviones.

ELECCIÓN DE UN SISTEMA

Aeródromos A.

Los camiones-cisternas se imponen por su elasticidad cuando los servicios del aeropuerto están en la fase inicial y cuando no es seguro el plan final del aeropuerto.

Para un camión de 30 m^3, y teniendo en cuenta el llenado de transporte y vaciado, puede transportar 15.000 litros/hora.

Número de camiones.

Se deben prever tantos como movimientos en la hora de punta, aumentados en un cuarto para reserva.

Sin embargo, el número de llenados a la hora de punta no será igual al de movimiento, pues sólo urgen los de tráfico de paso. Así, en un aeródromo con tráfico de 600 movimientos/día y tráfico de punta de 120 movimientos/hora se pueden admitir 45 llenados/hora.

El gasto-horario será 113 m^3/hora, y el número de camiones para la hora de punta serán 8. Por precaución, 10 cisternas de 30.000 litros. (Se triplica si se emplean cistenas de 10.000 litros.)

En la práctica se multiplican por el número de gasolina y compañías.

Se necesitan itinerarios especiales para lograr rapidez y que no se encuentren estorbos con otros vehículos.

Existe gran dificultad, por la cantidad de compañías que suministran a un aeropuerto. Por ejemplo, en Barajas, actúan la «Shell», la «Campsa» y la «Esso».

Por supuesto, que, teniendo en cuenta las soluciones que hemos de apuntar a los fines del presente trabajo, nos inclinamos de modo decidido por la instalación de galerías de servicios, ya que su costo inicial, quizá algo elevado, se amortiza, parte, por su más fácil entretenimiento, y, sobre todo, por la evitación total de averías en las aeronaves.

5-6.—*Aire condicionado-Aire comprimido.*

Hasta el momento se han empleado exclusivamente tipos móviles para el aire acondicionado, con lo que se ha logrado la calefacción por paso del aire a través de calentadores eléctricos y la refrigeración por unidades normales (compresores de Frean 12), y un depósito acumulador. No obstante, estas unidades móviles parece ser que tienden a desaparecer, a causa de su elevado coste y la necesidad de multiplicar con su número el ya excesivo de vehículos que ruedan al lado de los aviones, así como la variedad de tipos de aviones que se han de servir (de 14 a 100 pasajeros).

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Si los edificios tienen acondicionamiento de aire, se puede prever un suplemento para aviones, siempre que los muelles estén cercanos, pero ya sabemos la dificultad que tal cosa llevará consigo, habida cuenta del gran número de posiciones requeridas.

7.—*Flúido eléctrico.*

Este servicio se proyecta ya, en todos los casos, enterrados y con pozos de salida en cada posición en el centro de la misma para obtener la menor distancia a la acometida del avión. El desarrollo de tales conducciones es simple.

8-9-10-11.—*Revisiones. Sanidad. Policía. Alimentos.*

Tales servicios no tienen crítica posible ni modificación, pues son puramente personales y no interviene en ellos, o muy poco, la idea de tráfico.

12.—*Incendios.*

Las recomendaciones vigentes exigen que el puesto de incendios estará a la vista de la torre de mando, ya que desde ella se lo mandará por medio de señales visuales, telefónicas y acústicas.

Deberá existir en el aeropuerto un equipo de reserva para acudir a accidentes lejanos.

Froesch da las siguientes recomendaciones:

Las posibilidades de incendio del avión, son:

Calentado de motores, despegue, aterrizaje, hangares, galerías de prueba, talleres entretenimiento y almacenes.

Hay dos clases de incendio: Avión y edificios.

Son importantes los incendios por vibraciones al aflojarse las juntas (en las pruebas de motores).

El medio contra incendios debe tener:

1.º Máxima movilidad y rapidez y sencillez de manejo, y poder marchar por terraplenes y fangos.

2.º Inmediata entrada en acción al llegar al lugar del accidente. Además de apagar el fuego, debe antes salvar a los viajeros.

3.º Capacidad extintora.

Agentes extintores. La mejor solución son varias al mismo tiempo, o separadamente.

Bromuro de metilo.—Sólo para protección en vuelo de motores (en Europa).

Agua.—Eficaz contra maderas, etc., por su continuidad.

En forma de niebla (vapor a alta presión) para salvamento en forma de cortina protectora. Inconveniente de ser ineficaz para el aceite y la gasolina.

Niebla. (Agua por atomización.)—Para fuegos de aceite y eléctricos y protección en el salvamento (refrigerante); inconveniente de limitación de agua en los aeropuertos.

Espuma mecánica.—Sofoca el fuego, por adherirse a la superficie, impidiendo la reignición.

CO_2.—El más rápido y eficaz para gasolina y aceite. Dificultad de velocidad de descarga y cantidad suficiente.

Es más pesado que el aire, penetra muy bien, sin corrosión, y es muy regulable.

Gran conveniencia de usarlo junto con la espuma.

En la zona de calentamiento de motores será conveniente montar una instalación a base de remolques, como solución más económica.

Galería de servicios.—Acabamos de ver la tendencia general hacia las canalizaciones subterráneas para evitar el tráfico de vehículos en su mayor parte. Este sistema elimina, además, parte de las maniobras necesarias para el manejo, con lo que sólo la mitad de los hombres precisos para un servicio de vehículos son suficientes, cuando se emplean galerías.

Estas conducciones deben tener alrededor de los 2 m., para que sean fácilmente visitables y reparables. Las bocas de carga tendrán la mejor forma para un embornado y se cubrirán con planchas adecuadas para resistir el peso de un avión. La acometida eléctrica estará en el centro del muelle, pues, normalmente, la toma de energía de los aviones está en una parte central. Por el conrario, la gasolina se suministrará a uno y otro lado del avión, pues es en los planos donde están instalados los depósitos. También a uno y otro lado se instalarán servicios contra incendios.

Normalmente, precisaremos cuatro hombres para atender cada avión; dos dedicados al aire comprimido, lavado, agua, carga y descarga de impedimenta, y otros dos, mecánicos, al repostado, comprobación de motores, energía eléctrica e incendios. Un peligro de estas galerías de servicios es la posibilidad de acumulación de gasolina. Se emplea contra ellos detectores de gas sensibles hasta con un 2 %. También son necesarios ventiladores que renueven el aire cada dos minutos. Normalmente, la instalación de galerías queda dividida por una pared de 30 cm., dejando a uno y otro lado un paso de medio metro. A una parte se instalarán conducciones eléctricas, y a otro lado las de combustible, agua, aire comprimido, etc. Según datos americanos, el costo de la parte de galerías de servicios correspondiente a cada posición de 50 metros ϕ, sería de 12 dólares, y los dos fosos de combustible con su boca para hacer un gasto de 400 galones por minuto, sería de 3.000, resultando por muelle un total de 15.000 $, que habrán de amortizarse en 30 años. Por el contrario, las dos cisternas necesarias para cubrir este servicio costarían unos 30.000 $, y su amortización se haría en cinco años; resulta de esta forma doce veces más costoso el segundo procedimiento que el primero.

Vemos, en resumen, que, por el presente, es insustituíble el uso de camiones extintores que circulen por la zona de muelles, con excepción de los tanques de agua y de gasolina, que pueden y deben ser sustituídos por instalaciones fijas enterradas y, por tanto, la complejidad creciente de la circulación terrestre en la cancha no tiene posibilidad de ser evitada, con todo el riesgo que para ello existe. La galería de servicios es, por supuesto, una solución adecuada, pero, por lo que acabamos de ver, todos los servicios rodados no pueden desaparecer y, además, es complicado el suministro de las diferentes clases de gasolina correspondiente a las distintas compañías, en cada caso.

IV. EL TRÁFICO VEHICULAR

En un aeropuerto representa un problema particular del general de circulación dentro del mismo, que hay que examinar en cada caso, porque parte de él interfiere, en cierto modo, el tráfico de aviones, y puede ocasionar colisiones y dificultades en la circulación.

Para estudiar el tráfico de vehículos del aeropuerto podemos dividirlos en tres clases:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

1.º Vehículos de acceso al aeropuerto, de pasajeros y de personal de servicio.

2.º Vehículos necesarios para el servicio de los aviones.

3.º Vehículos necesarios para servicios generales y circunstanciales del aeropuerto.

En el análisis del tráfico total del aeropuerto no tienen función importante estos úlimos, debido a que no participan en las horas de punta del tráfico y a que, generalmente, utilizan carreteras de servicio dispuestas a ese efecto.

El tráfico que hay que analizar es el de vehículos de acceso y el de servicio de los aviones. Ambos tráficos hay que ordenarlos y estudiarlos en cada aeropuerto, con el fin de que no se interfieran. Existe algún tipo de servicio en que un vehículo de acceso puede hacer las veces de servicios al avión. Tal sería un vehículo que en tráfico nacional, por ejemplo, condujese a los pasajeros desde la ciudad directamente al avión.

Los vehículos necesarios para el servicio de los aviones son los que en la actualidad pueden entorpecer el tráfico en los muelles, sobre todo, porque ya hemos dicho que cada compañía quiere o necesita tener, por deficiencia de los servicios generales del aeropuerto, sus propios servicios; este problema, por el momento, no lleva trazas de resolverse, pues cada compañía privada preferirá, aunque la solución le sea más costosa, estar pendiente de sus propios medios a no supeditarse a los generales; en el primer caso, podrá disculpar sus deficiencias; en el segundo, con un espíritu de crítica raras veces constructivo, procurará siempre exagerarlos. Sin embargo, es posible que el tráfico intenso en un aeropuerto supedite este interés particular en algunas partes al interés general del mismo.

Los vehículos que se utilizan en el aeropuerto son muchos y muy variados; una idea de su magnitud lo dan los cálculos que se hicieron en Londres, en donde, para 27 aviones calcularon que necesitarían 97 vehículos, con un total en la hora de punta (135 operaciones/hora) de 350 vehículos/hora, calculando que este movimiento se haría en 250 vehículos por la cancha interior y 100 vehículos en las posiciones exteriores de aparcamiento de aviones.

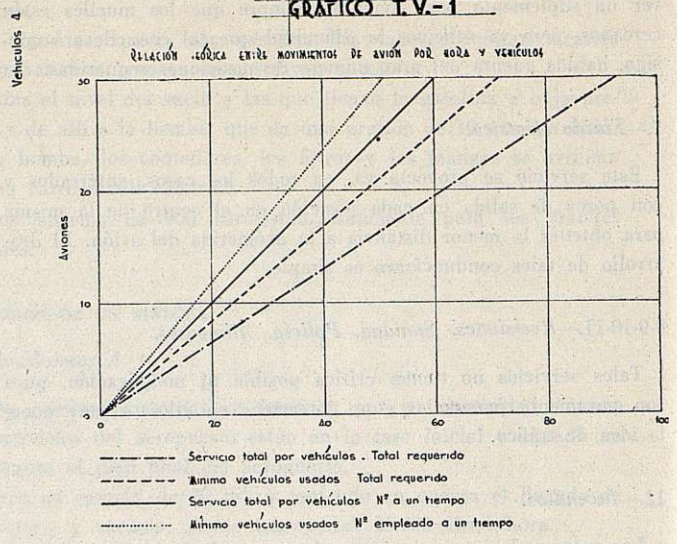
El problema que plantea esta circulación en las canchas requiere una solución inmediata y, para ello, en la mayoría de los aeropuertos hay tendencia a las galerías de servicios que lleven en sí parte de los que actualmente se dan por medio de vehículos que se aproximan al avión, y se tiende, además, a la unificación en los restantes vehículos en tipos determinados que reduzcan la circulación a un mínimo.

En el Gráfico T. V.-1 tenemos el estudio teórico hecho en el aeropuerto de Londres de los vehículos requeridos, relacionándolo con el número de aviones.

Respecto al tráfico de acceso al aeropuerto, pierde para nosotros importancia, porque no interfiere el del avión, pero hay que considerarlo desde el momento en que por él han de afluir los pasajeros, por lo que ha de preverse su exacto funcionamiento.

Respecto de su magnitud, estiman los técnicos ingleses que para 3.000 pasajeros/hora habrán 60 autobuses de 30 pasajeros y unos 600 coches particulares (dos personas). Esto arroja un movimiento en la autopista de 700. Estiman los ingleses que el tráfico de viajeros es el 30 % del total, por lo que la autopista general debe diseñarse para 2.300 vehículos/hora. Este tráfico podría reducirse reemplazando los coches privados por autobuses.

GRÁFICO T.V.-1



Los vehículos de acceso crean inmediatamente un problema no exento de importancia, por cuanto, en un plan de conjunto, puede crear una circulación interior y modificar algunos elementos; este problema es el aparcamiento. Baste pensar que cada coche necesita 30 m² para aparcar, lo que da para cada 1.000 pasajeros como necesaria una extensión de 4.840 m². De los 200 coches particulares que llegan al aeropuesto, podemos suponer que un 10 % quedan en los garajes dos o tres días, lo que hace prevenir que necesitaremos un garaje como mínimo de 60 coches para cada 1.000 viajeros. Vemos, pues, que no puede descuidarse este punto en un estudio concienzudo del aeropuerto.

V. MOVIMIENTO DE PASAJEROS Y TRIPULACIONES.

A más de los vehículos que han de acercarse a los aviones en la cancha para su servicio y repostado, que hemos visto suelen ser algo más de tres por avión, hemos de contar el tráfico que en cada una de las posiciones supone la circulación de los pasajeros y tripulaciones que se dirigen al avión, para su embarque. Pero la mayor complejidad de este tráfico, con serlo y muy importante en los muelles por el entorpecimiento de equipos y escalerillas que lleva consigo, la supone en el edificio terminal, donde es preciso organizar canales o circulaciones equipados con todos los servicios que sean necesarios. Actualmente pueden calcularse en unos 20 minutos el tiempo necesario para que los pasajeros de salida recorran las necesarias inspecciones; tiempo que debe elevarse a 35 minutos en el caso de llegada. Lo ideal sería, para un mejor funcionamiento, que la centralización fuese total y perfecta; esto es: que existiesen oficinas lo bastante bien dotadas como para que, en cualquier caso, la totalidad de los pasajeros que llegan en un avión o que se dirigen a él, fuesen despachados en tiempo brevísimo. Debe tenerse, sin embargo, en cuenta que no basta con que las oficinas y despachos sean suficientes para el total de las operaciones diarias durante todas las horas de servicio, porque, aun dentro de la máxima aglomeración de las horas de pico, la llegada o salida de los aviones crean una intermitencia y aglomeraciones que no pueden desconocerse, por más que, para su previsión, sea anti-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

económico el funcionamiento de cada uno de los servicios vigilados. Este sistema de total centralización, único que puede hacer posible el despacho rápido de los pasajeros que llegan en un avión de gran capacidad, es, no obstante, de imposible realización cuando se trata de aeropuertos que tienen gran longitud de muelles, pues, en tal caso, el recorrido que puede verse obligado a efectuar el pasajero desde la posición central del aeropuerto hasta los aviones más alejados puede resultar prohibitivo, como vimos. Entonces se llega a una descentralización mayor o menor estableciendo unidades de tráfico y de inspección a lo largo de la zona de muelles clasificadas, bien sea por compañías, o bien por la clase de servicios a que hayan de dedicarse (interior, exterior de llegada, de salida, de paso, etc.). Tanto en un caso como en otro son evidentes las dificultades para una intercomunicación entre estas posiciones en el caso de transbordo. Las berlinas que en Idlewild, por ejemplo, enlazan tales posiciones no pueden considerarse, a nuestro juicio, como solución.

De otro lado, el fraccionamiento de todos los servicios de aduana, policía, sanidad, inmigración, cambio, etc., es siempre en evidente perjuicio del seguro funcionamiento, aun cuando se los dote con un total de personal varias veces mayor del que exigiría la organización de tipo centralizado, pues está claro que las intermitencias causadas por la salida o llegada de aviones, puede ser más fácilmente regularizadas y resueltas en este caso que en el primero.

VI. ESTUDIO DEL EMPLAZAMIENTO DE LOS EDIFICIOS Y DISTRIBUCIÓN DE LOS MISMOS, DE LAS ADUANAS, POLICÍA, MONEDA, SANIDAD, INSPECCIÓN, METEOROLOGÍA, TRÁFICO, OFICINAS, HOTELES, TIENDAS, GARAJES, ESPECTADORES, CORREOS Y MERCANCÍAS, ASÍ COMO LA ZONA DE APARCAMIENTO DE LOS VEHÍCULOS.

Continuando lo que acabamos de desarrollar en el punto anterior, exponemos a continuación la organización y emplazamiento de *edificios* referidos, no sólo a los viajeros, sino también a los espectadores y tripulaciones. Dividimos para ello a los mismos en tres grandes grupos:

1.º Grupo administrativo: Comprende oficinas, hoteles, garajes, tiendas, teatro, cine, espectadores, etc.

2.º Grupo terminal que abarca el edificio así llamado, los muelles y andenes, las inspecciones de aduanas, policía, sanidad y moneda y el correo y mercancías.

3.º Grupo industrial, con hangares, talleres y edificios para los servicios de conservación del campo.

Según Prokosch, el área de edificación debe reunir los siguientes requisitos generales:

1. Amplia extensión para la primera fase de desarrollo de edificios y su futura ampliación.
2. Amplia extensión para carreteras.
3. Amplia extensión para el estacionamiento de coches.
4. Configuración tal que lo que se determina de acuerdo con los apartados 1, 2 y 3 suponga correcta relación de servicios de unos con otros.
5. Conveniente acceso a la carretera principal, y estos medios de transporte que sirvan a la instalación de aterrizaje.
6. Situación central con respecto a las pistas.
7. Proximidad y facilidad de instalación de servicios (electricidad, agua, gas, alcantarillado, teléfono).
8. Favorable orientación con respecto a la topografía, vientos dominantes, rumbos.
9. Buenas características del subsuelo, inclusive avenamiento natural.

En la actualidad resulta muy difícil prever las normas que habrán de regir en el futuro para cada uno de tales grupos de edificios y, por eso, no se puede calcular el espacio que, desde este momento, conviene dejar alrededor de cada edificio, como tampoco la amplitud con que los mismos deben ser construídos. Esto nos obliga a una inicial diseminación, separando unos de otros, ante el riesgo de sufrir el día de mañana agobios de espacio, y tal circunstancia es, como puede comprenderse, altamente perjudicial para el adecuado funcionamiento del conjunto y unión de los elementos que entre los distintos grupos deben existir. Para darnos idea del área que es preciso prever en un gran aeropuerto para sus edificios, hemos de recordar que Bollinger da la cifra de unos 20.000 m^2 en el período inicial, esto es, hasta el presente, y unos 75.000 en el más avanzado (alrededor de 1960).

Vimos el estado actual del tráfico y su complejidad, y ante la falta de guías definitivas para resolverlo, las actuales edificaciones de los grandes aeropuestos se hacen partiendo de la idea de sencillez de circulación necesaria para procurar al viajero el acceso más directo, tanto en tiempo como en distancia, desde el punto de llegada a través de los edificios hasta el avión. Son tres los principios fundamentales que presiden su proyecto:

1.º) Flexibilidad, esto es, posibilidad de extenderse libremente en la proporción que vayan haciendo falta. Se traduce en la adopción casi general de estructuras rectangulares (las circulares o angulares son de difícil ampliación) y de grandes luces para que, dentro de ellas, las divisiones y tabiquería puedan cambiarse enteramente con arreglo a la nueva distribución. En cuanto a los servicios de calefacción, agua, etc., se proyectan también bajo la idea de una posible —casi segura— expansión.

2.º) Economía: Contrariamente a las normas generales de construcciones urbanas u Obras Públicas, en este caso particular, lo más ventajoso es proyectar edificios con la menor vida posible compatible con su buen aspecto y funcionamiento. Lo ideal sería ejecutarlas con materiales baratos y calcular su amortización de tal forma que puedan ser enteramente demolidos para dar paso a otros proyectos más avanzados en un período de quince a veinte años. De esta forma no prejuzgamos tendencia u orientaciones futuras sobre progreso del material volante, como tampoco se hace, ni mucho menos, sobre la organización del tráfico, servicios y circulaciones, aspecto en el que su evolución es aún más urgente.

3.º) Funcionamiento de cada uno de los elementos y distribución de los mismos dentro de los edificios. Con objeto de estudiar con algún detalle el sistema funcional de cada uno de los grupos administrativo y terminal de los que anteriormente hemos hablado, vamos a ver la misión detallada de los elementos que los constituyen y las exigencias con que, de acuerdo con esto, hemos de construirlos.

Grupo administrativo.—Al no tener relación directa con los

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

servicios del campo de vuelos ni aun siquiera con los pasajeros actuales de las líneas (sólo la tiene con pasajeros en potencia o con los que terminan de salir) debe procurarse que se instale no tan cerca del edificio terminal que pueda entorpecer su funcionamiento. No obstante, existe la tendencia actual de situarlo lo más próximo a dicha zona con objeto de que la mayor parte posible de sus locales tengan vista directa a la zona de vuelos. Pero no cabe dudar ya de que, en un futuro más o menos próximo, la expectación actual por presenciar las evoluciones de los aparatos en el aire y sus llegadas y salidas remitirá considerablemente cesando de ser un espectáculo por el que incluso puede el aeropuerto obtener beneficios económicos. Tan absurdo como en los momentos actuales nos parecería preocuparnos de que tuviera vistas directas al andén el hotel de una estación de ferrocarril, lo habrán de ser, a nuestro juicio, en el futuro las actuales normas de que los restaurantes, bares, etc., de los aeropuertos dominen el tráfico de los aviones sobre el aeropuerto considerándolo como atrayente espectáculo.

Las tiendas, teatros y salas de fiestas, e incluso casinos de juego, como en el aeropuerto de Buenos Aires, representan, hoy por hoy, sobre todo, una fuente de ingresos eventuales, cuya relación directa con el proyecto del aeropuerto, considerado como tal, presenta difícil justificación. No hay que olvidar que la espera a que un pasajero y tripulante puede verse forzado habrá de ser superior a las tres horas que dure un espectáculo o inferiores a dicha cifra. En el segundo caso, el viajero, en vez de encerrarse en un cine o teatro, generalmente de sesión continua y de programa único que no permite la elección de acuerdo con sus aficiones propias, preferiría sencillamente pasear o sentarse en el bar o restaurante. En el primero, esto es, si la espera es suficientemente larga, su preocupación en cualquier caso, será desplazarse hasta la ciudad próxima para deambular por sus calles, entrar en las tiendas o alojarse, si tiene tiempo para ello, en un hotel.

El grupo terminal comprende, como hemos dicho, los servicios que tienen relación con los pasajeros y mercancías transportadas. Ya sabemos las dos tendencias actuales centralizadora, descentralizadora y mejor de soluciones parciales (sólo de algunos servicios), que existen hoy día, mostrándose las Direcciones de Aeropuertos tan fervientes defensoras de la primera que les permite evitar la duplicidad de los servicios y manteniendo una unidad en el manejo de los pasajeros, como lo son las líneas aéreas de la segunda, pues aducen, que, de este modo, unas y otras pueden superarse en la mejor atención del viajero evitando a los mismos los grandes recorridos desde el automóvil al avión.

Según Prokosch la descentralización es necesaria si la distancia que ha de recorrer el viajero excediese a los 200 metros; pero ya sabemos que dicha cifra será muy ampliamente rebasada en los grandes aeropuertos, razón por la cual la descentralización es un mal al que nos ha conducido la concepción actual del problema del tráfico y servicios en tierra de los aviones. El acceso de los viajeros desde los edificios hasta el avión se hace hoy día a través de andenes sobre los que no existe criterio definitivo, y por lo que se aconseja que no esté ligada la construcción del edificio terminal y de los andenes.

Es evidente el entorpecimiento actual existente en el funcionamiento simultáneo de tales andenes por los que circulan a pie los viajeros, y de las calzadas normales para la circulación de los equipajes, que obligan a dejar en cada muelle el paso conveniente para los vehículos que puedan llegar hasta el avión. El edificio terminal se sitúa lo más cerca posible del centro del aeropuerto, a fin de evitar largos recorridos de los aviones en tierra, por lo que coinciden con los servicios generales de vuelo y, por esta razón, es corriente que en el mismo edificio, ya de por sí bien complejo, a causa de los requerimientos e inspecciones que el tráfico de viajeros lleva consigo, se sitúen también los siguientes: Dirección del aeropuerto con despachos, oficinas, ingenieros, etc., y de comunicaciones, teletipo, teléfono, etcétera, así como los servicios de meteorología: observatorio, oficina para información de tripulaciones, etc., regulación de circulación de viajes aéreos con sus oficinas y despachos para jefes; oficina para operaciones de las líneas aéreas y otros. Y, aparte de ello, se ha de contar también, hoy día, con el servicio de correos y mercancías, por lo menos en tanto este último sea, como hasta el presente, de poco volumen. Tan sólo cuando en el futuro se haga el transporte de mercancías pesadas en grandes cantidades se construirá un edificio independiente separado del terminal e instalado en cualquier parte del campo.

En cuanto al funcionamiento en general de edificios terminales ha de tenerse en cuenta que, por encima de la concepción y realización adecuada de su proyecto funcional, intervienen otros servicios según la organización y métodos empleados hoy día. Son tales la revisión de billetes, policía, aduana, etc. Bien es cierto que en los mismos intervienen factores totalmente ajenos al aspecto aerodinámico, pues son de índole estatal o policíaca; pero no lo es menos que, sin desconocerlas ni poder reducir los retrasos o molestias que el viaje ocasiona, cabe siempre la posibilidad de organizar el tráfico de los pasajeros en forma distinta a la actual de grupos compuestos por avión completo que circulan juntos por los servicios uno a uno, dando muestras de impaciencia general. Creemos que una forma de evitarlo podría consistir en colocar entre tales servicios e inspecciones, y el avión, gran parte de las distracciones o pérdidas de tiempo que actualmente existen entre tales inspecciones y la ciudad. Si, por ejemplo, para el tráfico internacional, que es el que mayores revisiones e inspecciones sufre, se crea una amplia zona franca en los muelles de llegada o salida con tiendas, servicios de información, teléfono, venta de revistas, etcétera, está claro que sólo una parte de los viajeros que llegan en un avión irá directamente a solicitar su despacho de la policía, aduana y sanidad, en tanto la mayoría de ellos se detendrá unos minutos e incluso horas en la zona franca retrasando de esta forma y, sobre todo, escalonando, la llegada al lugar de inspección. De igual modo, como no todos los viajeros se presentan a la misma hora en un aeropuerto para tomar el avión, a medida que van haciéndolo atraviesan las revisiones e inspecciones establecidas, aguardando en la zona franca la hora y minutos de embarque. No obstante, hay que tener presente en muchos casos que lo que los pasajeros desean es pasar cuanto antes por las inspecciones a fin de reunirse pronto con sus familiares o amigos, e igualmente al despedirse preferirán estar con ellos el mayor tiempo posible y quizá estas circunstancias planteen dificultades al estudio de la zona franca.

En el estudio actual del problema es muy interesante la copia

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

de las deficiencias que en los edificios del aeropuerto encuentran Froesch y Prokosch.

Aparcamiento de vehículos. Carreteras: Según Froesch y Prokosch se *necesitan para aparcamiento unos* 30 m^2 *por vehículo.*

Existirán dos zonas, una principal y otra secundaria. La principal se situará cerca del edificio terminal con objeto de que el viajero no tenga que recorrer a pie grandes distancias. Para estacionamiento de coches del personal se precisará un terreno aparte situado cerca de sus lugares de trabajo.

La zona secundaria de utilización eventual se acostumbra a situarla en lugares próximos a las principales vías de acceso y al exterior del conjunto urbano.

Para los camiones de correos, servicios y expediciones rápidas habrá que prever accesos independientes a la carretera y el parque correspondiente.

Habrá caminos de acceso y áreas de estacionamiento separadas para área de hangares.

Donde sea posible, las carreteras para pasaje, carga y servicios se mantendrán separadas.

Habrá una interrelación de servicios entre hangares y posiciones de aparcamiento de aviones, que deberá realizarse por carreteras especiales, antes que permitir a los vehículos de servicio usar áreas de aviones.

Los dos tipos de tráfico —aéreo y terrestre— estarán en adecuado equilibrio; de otro modo, el aeropuerto no funcionará al máximo rendimiento (Froesch).

VII. EMPLAZAMIENTO DEL GRUPO INDUSTRIAL.

Ya hemos dicho que el grupo industrial consta de:

Hangares: Es este problema sometido a revisión, pues a medida que el tamaño de las aeronaves aumenta se comprenden más y más las dificultades que representa el coste de la cubierta. Se cree que en el futuro tan sólo se proyectarán hangares para efectuar a cubierto las reparaciones de los motores o estructuras.

Talleres: Comprenden, en primer lugar, los edificios de entretenimiento de aviones, esto es, revisión de motores, chapistería, almacén y despacho correspondiente a las distintas compañías aéreas. Y en segundo lugar, existen edificios que se requieren para todos los servicios de entretenimiento del aeropuerto, tales como garajes para ambulancias, coches de incendios, camiones de limpieza, coches del personal de servicio del aeropuerto, talleres de carpintería, electricidad, fontanería mecánica y pintura; puesto de socorro, comedor de obreros, etc.

Según Bollinger, en los nuevos aeropuertos será preciso prever para hangares 50.000 m^2 para el período actual y 140.000 m^2 las figuras adjuntas.

El emplazamiento de tales edificios es, como se comprende, posible en cualquier punto del campo; sólo consideraciones de tipo exterior al problema del campo (precio de los terrenos, proximidad de poblado y, sobre todo, vías de comunicación) podrán marcarnos las zonas más indicadas.

Según Froesch y Prokosch, *una buena situación del grupo industrial requiere lo siguiente*:

1.º) Camino de acceso al emplazamiento desde una carretera principal que sirva al aeropuerto y desde el citado emplazamiento al área terminal.

2.º) Proximidad razonable al área terminal.

3.º) Proximidad y facilidad de instalación de servicios (gas, agua, electricidad, alcantarillado y teléfono).

4.º) Situación favorable con respecto a la topografía, vientos dominantes, dirección de frecuentes tormentas para permitir la colocación de las puertas de hangares en el lado protegido del edificio y evitar que se amontone la nieve.

5.º) Subsuelo de suficiente poder sustentador para aguantar cargas concentradas de columnas.

6.º) Area suficiente para proporcionar amplios acomodamientos de aparcado de coches al personal empleado.

7.º) Buen avenamiento natural.

8.º) Posibilidad de ampliación futura.

Es conveniente agregar los requisitos que da Prokosch sobre la buena situación del grupo industrial, ya que ello nos facilita la crítica y estudio de los aeropuertos. Por igual razón es necesario agregar las dimensiones que hoy se admiten para hangares de los grandes aeropuertos y que están citadas al final de este punto.

VIII. INFLUENCIA DE LAS ANTERIORES CUESTIONES SOBRE EL TRAZADO DE LAS PISTAS.

Todos los aspectos hasta ahora estudiados del tráfico de los aviones en tierra y de las circulaciones de los pasajeros, así como los servicios y edificaciones, obligan a modificar considerablemente la situación de las pistas de vuelo que ya no pueden situarse, como hasta hace poco, de acuerdo tan sólo con las condiciones meteorológicas o topográficas, pues podían motivar grandes recorridos en la rodadura de los aviones. De aquí que, al proyectar un aeropuerto, de acuerdo con el nuevo criterio sobre el tráfico y circulación de los aviones en tierra, sea preciso también revisar los conceptos actuales sobre emplazamiento de las pistas de vuelo. Como puede verse, ha cambiado el sentido del problema, pues hasta hace bien poco no era el emplazamiento de edificios y tráfico en tierra el que imponía el trazado de las pistas, sino éstas quienes obligaban a aquéllos de forma, a veces, forzada e intransigente.

Si las pistas de vuelo han de situarse de tal modo que los recorridos del avión en tierra sean mínimos, las de rodadura se han de proyectar en forma que no produzcan intersecciones que impidan la utilización simultánea de varias de ellas en los días de calma absoluta o relativa. Lógicamente es en este caso la topografía y extensión del terreno quienes, de acuerdo con amplio estudio económico del movimiento de tierras, costo de expropiación y de zonas afirmadas, etc., pueden imponernos limitaciones a la solución perfecta e ideal.

Emplazamiento de los edificios.—Hasta ahora hemos visto que el edificio terminal, por lo menos, debe situarse lo más centrado posible en el conjunto del aeropuerto. Conocida no sólo la posible ampliación de los mismos, sino también las imprevistas evoluciones que pueden sufrir, se llega, hoy día, a la consecuencia de la necesidad de amplio espacio que obligará, quizá, a calar las pistas de vuelo en forma tal que dejen entre sí grandes márgenes libres en la zona de los edificios.

Influencia de los otros puntos sobre el trazado de las pistas.—

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Quizá no directa, pero sí indirectamente, las normas sobre la organización del tráfico general en los aeropuertos tienen marcada influencia sobre el emplazamiento de las zonas afirmadas para el despegue y aterrizaje, y, de modo especial, acabamos de ver que una nueva concepción del tráfico y circulación de los aviones en tierra para carga, descarga y servicios trae consigo la necesidad de proyectar las pistas de vuelo con arreglo a otras normas que las actuales: Así, la concepción de aeropuertos tangenciales impuesta por la necesidad de reducir centrando el gran recorrido que han de hacer los aviones entre sus puntos de despegue o toma de tierra, y las posiciones de carga y descarga ha impuesto un nuevo trazado a las pistas de vuelo, a pesar del despilfarro económico que tal aeropuerto tangencial supone en cuanto a costo del terreno necesario y dificultades de expropiación.

Para un estudio comparativo de una y otra solución incluímos a continuación los datos españoles sobre el costo, sin referirnos a ningún caso especial, pues la topografía del lugar es circunstancia determinante en todo momento.

Movimiento de tierras	20 ptas./m^3 ó 10 ptas./m^2
Pistas de rodadura...	150 ptas./m^2
Superficie edificada	1.000 ptas./m^2
Superficie edificada para hangares.	700 ptas./m^2

EVOLUCIÓN DE LA AVIACIÓN

I. Factores del desarrollo técnico futuro

Introducción.—Un análisis de las tendencias y posibilidades del avión y del motor, es de gran interés en un estudio de las facilidades para la aviación, pues no sólo el precio, utilización y número de aviones en operación serán directamente afectados por tales futuros desarrollos, sino las necesidades para los nuevos aeropuertos y las mejoras de los ya existentes serán también revisados.

Desde el punto de vista del desarrollo técnico, la aviación ha avanzado considerablemente, como resultado del ímpetu proporcionado por la reciente guerra y la investigación aeronáutica altamente organizada que resultó de la misma. También han salido a la luz otra gran cantidad de mejoras en el diseño de aviones, investigación de motores, procedimientos de vuelo, instrumental, etc.

Como era de esperar, los desarrollos técnicos en la época de la guerra fueron dirigidos a la consecución de mayor potencia en los motores y las mayores velocidades que son posibles en el campo de los pequeños aviones. Sin embargo, algunos de los recientes perfeccionamientos pueden ser adaptables a los aviones de transporte y otros pueden ser modificados en el futuro para adaptarlos a los tipos de aviones ligeros. Es razonable suponer que la investigación se dirigirá ahora hacia el desarrollo de aviones ligeros, más eficientes a precios más bajos y en mayores cantidades.

Pueden distinguirse en la evolución de la aviación, como asegura Froesch, tres sucesivos períodos de desarrollo:

1.º *Fase de transición*, en la que cambian todas las enseñanzas que las guerras dan adaptándolas a la economía y vida de paz. Esto ha ocurrido en la pasada campaña durante la que la misma aviación tuvo gran incremento no solamente en lo que se refiere a los aviones de combate propiamente dichos, sino también a los aviones en su versión civil que fueron construídos en grandes series perfeccionables por razón de economía, tanto en su construcción como en su mantenimiento.

En EE. UU., por ejemplo, los aviones que en período anterior a la guerra fueron «Douglas DC-2» y «DC-3», en guerra se modernizaron en las versiones militares «C-47», «C-53» (Dakota) y el «Douglas C-117A» de transporte para el ejército. Por otra parte, al «C-54», Skymaster, empleado en guerra, en su versión civil se lo conoce con el nombre «DC-4» y con su última versión de 50 pasajeros «DC-6». También la modificación del «C-69» da en la paz el «L-49 Constellation».

2.º *Período intermedio* de reajuste y expansión para satisfacer las crecientes demandas de aviones privados y las necesidades de las líneas. Fija Froesch en cuatro a seis años este período, que depende de la capacidad de los fabricantes para producir más aparatos modernos de máxima seguridad, confianza, facilidad de mando, economía y apariencia. En este período se comenzarán a usar los aviones de transporte construídos según las normas dadas por la Air Transport Association of America (A T A).

3.º *Era del desarrollo*, en la que hay un buen funcionamiento de los transportes en gran escala. Se puede concebir que durante este período el número de aviones privados pueda realmente exceder al de los barcos en uso ahora.

No solamente ha de preverse este desarrollo y orientación distinta proviniente de los avances de técnica en cualquier campo de la aviación.

Estudiamos ahora la evolución de cada uno de los elementos que integran las aeronaves:

1. Evolución del motor de aviación.

Varias autoridades han efectuado concienzudos estudios acerca de las tendencias en el diseño del avión y de su motor. Los resultados de estos estudios son la base, acompañada de las láminas, para el presente trabajo.

Se ve que las predicciones de las tendencias futuras hasta 1960 serán corroboradas por una suficiente variedad de opiniones autorizadas, que con las tendencias actuales dan resultados.

Para después del año 1960, es extremadamente aventurado hacer predicciones sobre futuros desarrollos en una industria como la aeronáutica que está avanzando y evolucionando tan rápidamente; así pues, mientras estos desarrollos hasta 1960 se presentan como línea continua, aquellos situados más allá del citado año 60, están basados en ideas aisladas que se han agrupado convenientemente para llegar a una conclusión razonable.

El diseño del motor es uno de los más importantes factores influyentes en el proyecto del avión; así pues, previamente a la discusión de las tendencias de varios tipos de aviones, tales como transporte (ejecutivo o industriales) y aviones privados, es apropiado exponer ligera descripción de los varios tipos de grupos motopropulsores actualmente en desarrollo o bajo investigaciones.

Motor alternativo.—Los cinco gráficos de la Lámina 1 indican el curso seguido por el diseño de los motores alternativos del avión. La tendencia general de la potencia de los mismos está indicada en el gráfico *a* de dicha Lámina. La tendencia general en el consumo específico de combustible para los motores alternativos de alta potencia, tal como se muestra en el gráfico *b* de la Lámina 1, indica que el tal motor seguirá siendo el más

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

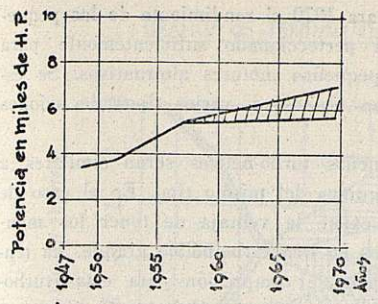


GRÁFICO A MOTOR ALTERNATIVO

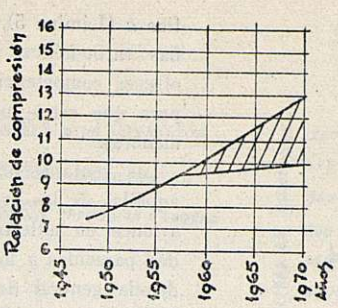


GRÁFICO C - MOTOR ALTERNATIVO

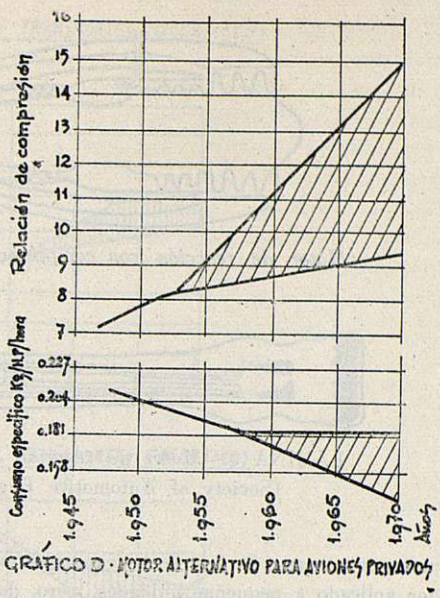


GRÁFICO D - MOTOR ALTERNATIVO PARA AVIONES PRIVADOS

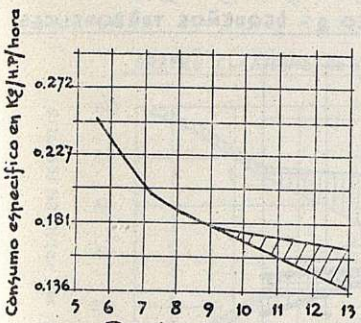


GRÁFICO B MOTOR ALTERNATIVO

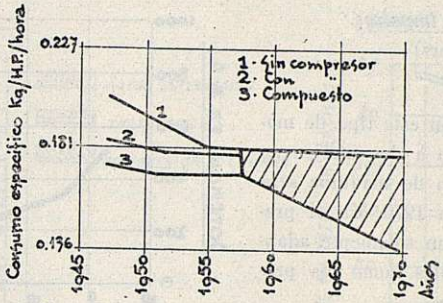
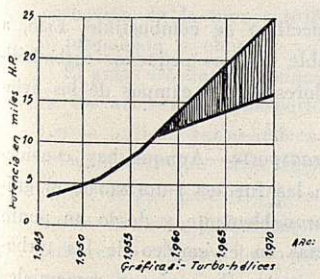


GRÁFICO E MOTOR ALTERNATIVO

LÁMINA 1

Características futuras de los motores de aviación alternativos
(Society of Automotive Engineers)

generalmente empleado en los aviones de aquí a varios años en el futuro debido a su economía operativa. Las tendencias de las relaciones de compresión se muestran en el gráfico *c*. El efecto de unas relaciones de compresión elevadas, es la necesidad de combustibles de alto número de octano, a la vez que un descenso en el consumo específico de combustible o un aumento en el rendimiento. Actualmente, los pequeños motores alternativos que frecuentemente se consideran como tipo de motor para aviones privados tienen un tipo medio de potencia de 110 HP. La relación de compresión y el consumo específico de combustible están especificados en el gráfico *d* de la Lámina 1. Aunque el límite máximo de relaciones de compresión dados para el año 1970 pueden parecer optimistas, un reciente anuncio hecho por los fabricantes en automóviles concernientes a un motor de alta compresión hace razonable suponer que se presente tendencia similar hacia las altas compresiones en los motores de aviación. Como



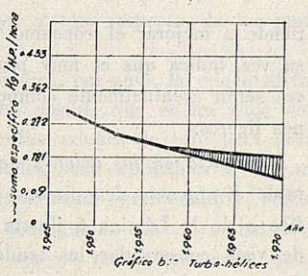


GRÁFICO A.—*Turbo-hélice.* GRÁFICO B.—*Turbo-hélice.*

LÁMINA 2.—*Características futuras de los motores de reacción.* (Society of Automotive Engineers)

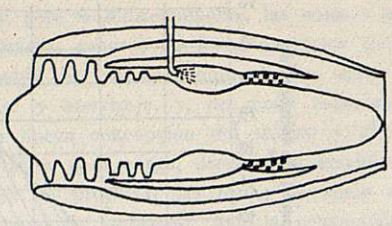
se ha explicado previamente, un descenso en el consumo específico de combustible puede esperarse con el aumento de las relaciones de compresión, como se muestra en el gráfico *e* de la Lámina 1.

Motores de reacción.—Las características de los motores de reacción ordinaria se dan en los gráficos de la Lámina 2. El gráfico *a* muestra una definitiva tendencia al aumento de la potencia total. El consumo específico de combustible (Kg/caballo-hora), que da idea del rendimiento del motor, muestra tendencia a bajar, lo cual supone que la máquina mejorará en rendimiento considerablemente y que podrá competir con el motor alternativo, en lo que a economía de combustible se refiere, como puede verse en el gráfico *b* de dicha Lámina 2. Hay factores, como el diseño de la hélice, los cuales pueden limitar el desarrollo de más altas potencias en las turbo-hélices, si el rendimiento de estas hélices no aumenta paralelamente al desarrollo de las turbinas.

Motor con compresor adicional.—Este tipo de motor de reacción mostrado en la Lámina 3, es una variación del motor de reacción ordinaria del cual eventualmente puede hacerse un tipo parecido a la turbo-hélice. Simplemente, el citado motor es un acoplamiento en forma anular que rodea al motor. El aire al salir del compresor produce una impulsión, que es sumada a la producción por el compresor principal.

Motor de reacción por impulso.—Este es otro tipo de motor de reacción, el cual, a veces, se denomina «Buzz-engine» (motor zumbador), «resojet» y «aero-resonador». Se representa en Lámina 3. Este motor está compuesto por un tubo de metal, con válvulas de paso en un sentido en el extremo anterior. La presión entonces desciende y las válvulas vuelven a abrirse, admitiendo

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO



Motor de reacción con compresor adicional.

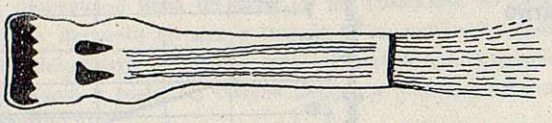


LÁMINA 3.—*Motor de reacción por impulsos.*
(Society of Automotive Engineers)

una nueva carga. Se han hecho experimentos con este tipo de motor aplicado a pequeñas unidades, pero, debido a desventajas de tipo superior, es imposible predecir si este tipo de máquina será desarrollada definitivamente para su empleo en 1970. En el presente, los motores de reacción por impulsos, son solamente adaptables a una operación de corta duración, tales como los proyectiles dirigidos.

Tendencias en la adapción del motor de avión.—Los campos de probable utilización en término de aprovechamiento eficaz de los tres tipos de grupos de motopropulsores en un futuro próximo se muestran en la Lámina 4. Como se ha indicado, los motores alternativos predominan en el campo de la baja potencia, irrumpen en el campo de las turbo-hélices y no es tenido en cuenta en el terreno de las grandes velocidades. El campo de las turbo-hélices solapa a ambas, las grandes y pequeñas velocidades, pero no puede alcanzar las velocidades de la propulsión a chorro.

La turbo-hélice se considera aplicable principalmente con muy altas potencias o para superar las potencias obtenidas con los motores alternativos. Su empleo para pequeñas potencias no ha sido comprobado aún como enteramente satisfactorio, ni parece ser que será práctico su empleo en pequeñas unidades, en un futuro inmediato, comparado con el de los pequeños motores alternativos.

Las características de los pequeños de turbo-hélices se dan en los gráficos de la Lámina 5. Aunque exista considerable diferencia de opiniones, la opinión de las autoridades, como indica el gráfico *a* (Lámina 5), es que para 1970 el rendimiento de las pequeñas turbo-hélices se habrá perfeccionado suficientemente para ofrecer competencia a los pequeños motores alternativos. Se espera que estos motores sean usados en varios tipos de aviones menores.

Las ventajas de las pequeñas turbo-hélices serán similares a aquéllas de las grandes máquinas del mismo tipo. En el caso de aviones de adiestramiento, existe la ventaja de tener los mandos parecidos a los utilizados en una turbo-hélice grande. La tendencia general de la relación de compresión para estas turbo-hélices pequeñas se indican en el gráfico *b* (Lámina 5). Como en el caso de los motores alternativos, un aumento en la compresión

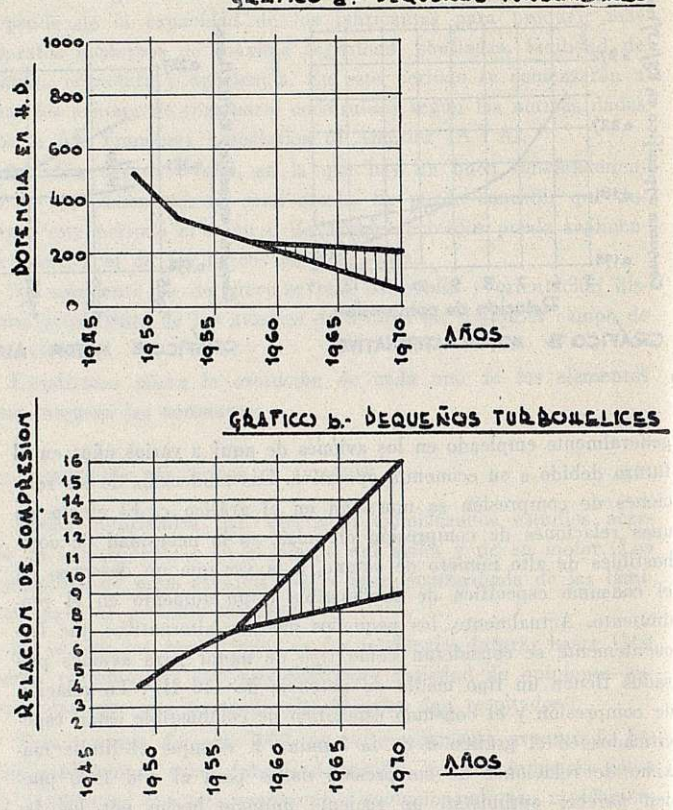


LÁMINA 5.—*Características futuras de los motores pequeños de reacción.*
(Society of Automotive Engineers)

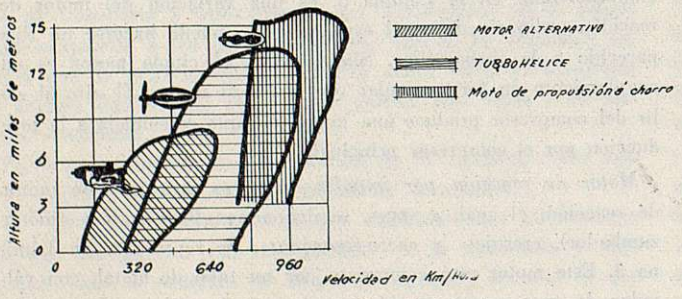


LÁMINA 4.—*Campo de utilización de los motores.*
(Westinghouse Electric Corporation)

tiende a mejorar el consumo específico de combustible. Esto, a su vez, indica que es muy probable que las pequeñas turbo-hélices serán eventualmente competidores en los campos de los aviones ligeros.

Tendencia en los aviones de transporte.—Aunque hay considerable divergencia de opiniones en las fuentes autorizadas, el gráfico *a* de la Lámina 6 ilustra razonablemente y desde un punto de vista conservador las tendencias en el empleo de las turbo-hélices y de la propulsión a chorro en los aviones comerciales de transporte.

Éstas indican que el empleo de los motores alternativos descenderá en razón directa al aumento del uso de las turbo-hélices.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

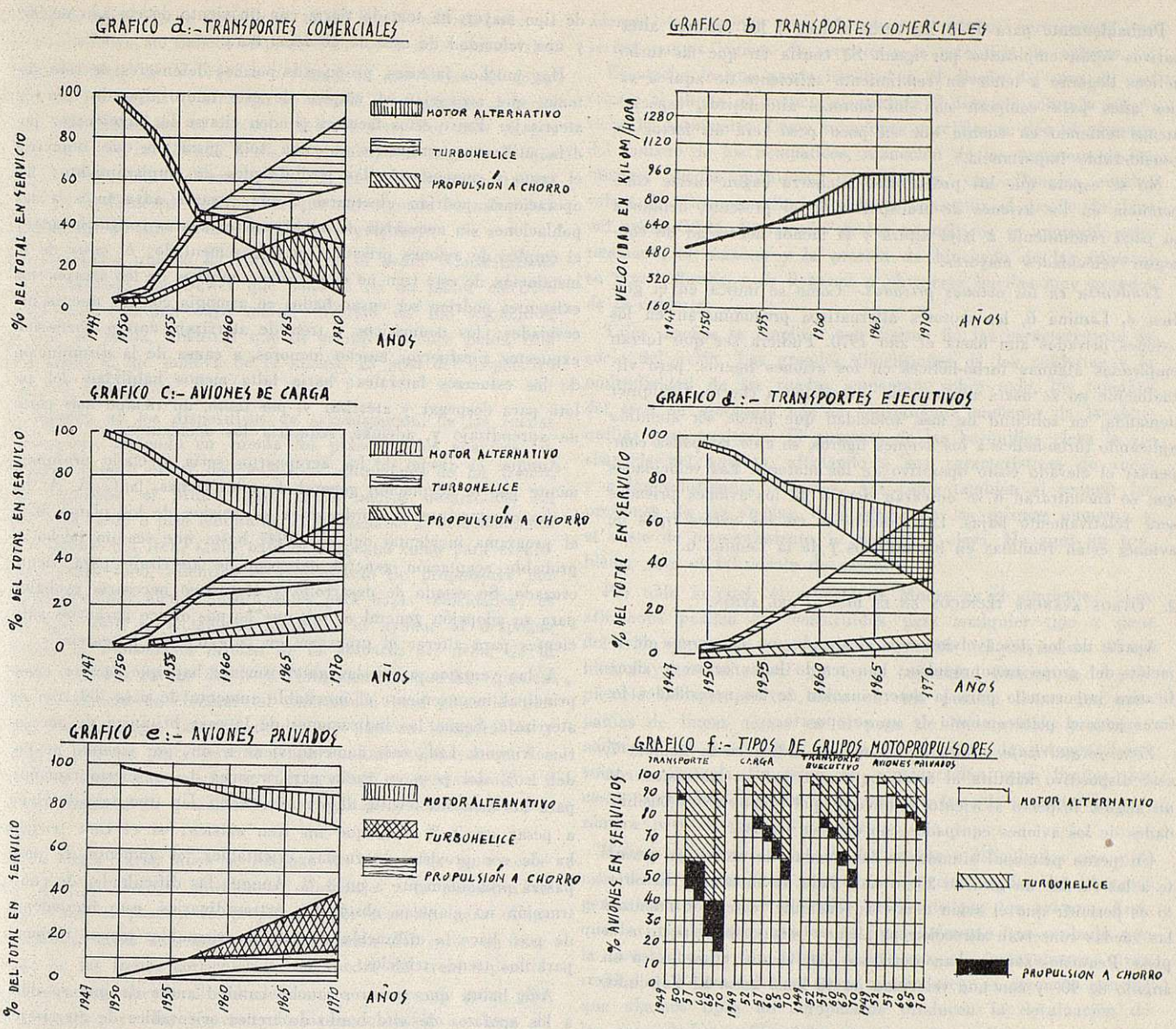


LÁMINA 6.—*Tendencias en el empleo de aviones.*

La turbo-hélice se espera sea usada en proporción de un 60 a un 90 % en los aviones de transporte, y que se llegará a la comprobación de la menor utilidad, a este respecto, de los motores a propulsión a chorro.

El gráfico *b* de la Lámina 6 indica, por años, la velocidad futura de los aviones de transporte. Es posible que en los años venideros se utilicen turbo-hélices en los aviones de lujo para grandes velocidades. Que tales velocidades sean aplicables a los transportes aéreos para 1970, es grandemente problemático. Tales velocidades serán probablemente conseguidas con el empleo de propulsores a chorro, los cuales son de más rendimiento que las turbo-hélices en velocidades de más de 450 millas/hora aproximadamente. Inicialmente, las turbo-hélices podrían instalarse en las bancadas exteriores de los cuatrimotores de transporte existentes; una conversión completa de estos aviones a la turbo-hélice será probablemente precedida por el proyecto de tipos de avión dedicados excluxivamente a ser impulsados por turbo-hélices.

Tendencias en los aviones de carga.—Las tendencias futuras de los aviones para carga es lo que se muestra en el gráfico *c* (Lámina 6). Como puede observarse al comparar este gráfico con el dedicado a los aviones comerciales de transporte, no se espera que las velocidades de los aviones de transporte y mercancías sean tan altas como las dadas para los anteriores. Los requerimientos fundamentales para la fijación de potencia serán tan altos como los anteriores tipos de aviones. Una necesidad fundamental para la fijación de grupos motopropulsores en los aviones de carga es la economía operativa, más bien que la velocidad. Así, pues, se cree que los aviones de este tipo serán, durante varios años, propulsados casi en su totalidad por motores alternativos.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Probablemente para 1970 las turbo-hélices y los motores alternativos serán empleados por igual. Se confía en que las turbo-hélices llegarán a tener un rendimiento suficiente de aquí a varios años para competir con los motores alternativos, especialmente teniendo en cuenta que su poco peso será un factor de considerable importancia.

No se espera que los propulsores a chorro hagan fuerte competencia en los aviones de transporte, en el presente, debido a su poco rendimiento a baja altura y la menor necesidad de conseguir velocidades mayores.

Tendencia en los aviones privados.—Como se indica en el gráfico *e*, Lámina 6, los motores alternativos predominarán en los aviones privados aun hasta el año 1970. Pudiera ser que fueran empleadas algunas turbo-hélices en los aviones ligeros, pero virtualmente no se usará ninguna de propulsión a chorro. Cualquier demanda, en solicitud de más velocidad que puede ser atendida aplicando turbo-hélice a los aviones ligeros, se cree no podrá compensar el elevado costo operativo de los motores. Las velocidades que se encontrarán o se desearán dentro de los aviones privados será relativamente bajas. Las tendencias en los varios tipos de aviones están reunidas en los gráficos *f* de la Lámina 6.

2. Otros avances técnicos en el diseño del avión.

Aparte de los desenvolvimientos alcanzados en el terreno de fijación del grupo motopropulsor, han tenido lugar otros de significativa importancia para la determinación de las necesidades futuras para el planteamiento de un aeropuerto.

Tren de aterrizaje orientable.—Como se indica en la Lámina 7, este dispositivo habilita al avión para aterrizar en las pistas con un ángulo respecto al viento dominante que excede a las posibilidades de los aviones equipados con un tren normal.

Un perno principal situado en las ruedas de aterrizaje permite a las ruedas un giro de 25° a cada lado de su centro. El objeto es permitir que el avión derive en cualquier dirección mientras las ruedas conservan dirección paralela y recta con respecto a la pista. Pequeños aviones han aterrizado con vientos cruzados en un ángulo de 90° y con una velocidad de 48 kms. hora. El Fairchild, de tipo mayor, ha tomado tierra con un viento de costado de 90° y una velocidad de éste de 80 kms. hora.

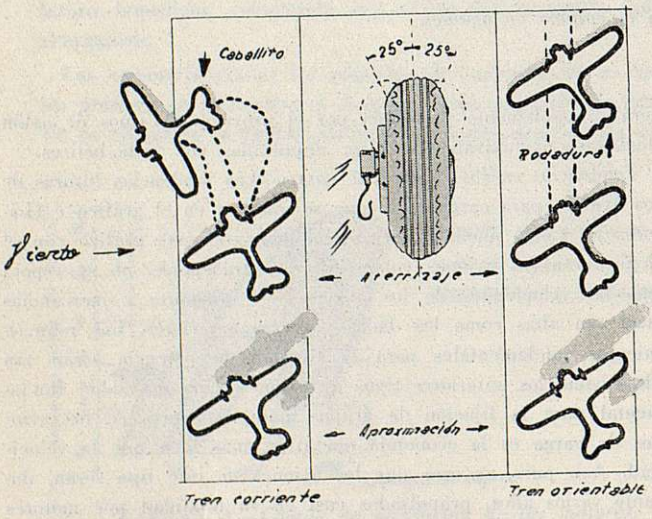


LÁMINA 7.—*Tren orientable.*

Hay muchos factores, propuestos por los defensores de este sistema, que aconsejan el empleo de este nuevo tipo de tren de aterrizaje: Entre estos factores pueden citarse los siguientes: podría utilizarse aeropuerto de una sola pista, lo que reduciría el costo y aumentando las posibilidades de emplazamiento; las operaciones podrían efectuarse desde lugares adyacentes a las poblaciones sin necesidad de vuelos sobre lugares congestionados; el empleo de aviones privados sería incrementado; el coste de la instalación de este tren no es excesivo; muchos de los aeropuertos existentes podrían ser ensanchados en armonía con las nuevas necesidades; los neumáticos y tren de aterrizaje entero quedarían expuestos a esfuerzos mucho menores, a causa de la disminución de los esfuerzos laterales; haría falta menos habilidad del piloto para despegar y aterrizar y, por tanto, un tiempo más corto de aprendizaje y, además, reduciría los accidentes.

Aunque el diseño de los aeropuertos sería afectado profundamente por la aceptación general de tales trenes, la C. A. A. ha hecho constar que «no ordenará la revisión de los planos bajo el programa incidental del año 1947 hasta que sea un hecho la probable aceptación general del tren de aterrizaje para viento cruzado. Su estado de desarrollo y el tiempo necesario probable para su adopción general es tal, que no nos ofrece garantías suficientes para alterar el programa en la extensión necesaria».

A las ventajas aportadas anteriormente hay que oponer como principal inconveniente el inevitable aumento de peso del tren de aterrizaje. Según las indicaciones de la casa británica de accesorios Airwork Ltd., este aumento viene a ser, por término medio, del 1 % del peso en vacío para aviones de un cierto tamaño; para los menores resulta algo más elevado. Un tren triciclo viene a pesar un 2 % más que un tren clásico; si el tren triciclo ha de ser provisto de ruedas orientables, el aumento de peso pasará probablemente a un 3 %. Aunque las dificultades de construcción no plantean obstáculos extraordinarios, este incremento de peso hace la utilización de ruedas orientables menos racional para los trenes triciclos.

Aún habrá que recorrer mucho camino antes de que se dote a los aparatos de alto bordo de trenes orientables de aterrizaje. Antes que nada, precisa completar nuestros experimentos, no solamente por lo que respecta al aterrizaje, sino también a los despegues con viento de costado.

Si la realización práctica de la idea y el empleo del tren de aterrizaje con ruedas orientables plantea aún a la hora actual determinados problemas, no por eso debemos dejar de tomar en consideración, muy en serio, la atención que se le viene consagrando.

Tren de aterrizaje tipo oruga.—Vale para toda clase de terrenos y se espera que incrementará considerablemente las posibilidades de utilización de centenares de aeródromos en todo el hemisferio occidental y que permitirá, en los aviones pesados, aterrizar en zonas que, carentes de los acondicionamientos adecuados, se consideran como impropios.

El inconveniente principal de dicho sistema es su muy elevado precio y la gran complejidad mecánica de sus dispositivos y transmisiones. Por ello creemos que, salvo en casos específicos de tráfico militar, cuando la necesidad de tomar tierra en terreno

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

no preparado obliga a sacrificar todas las consideraciones de índole económico, no deberá emplearse en los aviones comerciales.

Accionamiento de las ruedas del tren de aterrizaje.—El frotamiento de las ruedas al aterrizar es debido precisamente al hecho de su inmovilidad en el instante del contacto. Por esto es por lo que se viene estudiando desde hace tiempo la manera de disminuir la intensidad del roce a base de imprimir a dichas ruedas un previo movimiento de rotación que corresponda lo más aproximadamente posible a la velocidad de aterrizaje.

El dispositivo que se ha empleado en el avión «Constitution» es el presentado por Dewer que consiste en un motor eléctrico de corriente continua cuyo motor, dividido en 168 segmentos, gira con la rueda, mientras que al estator de doce polos, está fijado sobre el eje inmóvil de la misma. El peso del dispositivo es de 6,8 kilogramos.

El empleo de los dispositivos de accionamiento de las ruedas de aterrizaje, teniendo en cuenta los pesos de los aparatos comerciales, y para evitar las peligrosas vibraciones de los trenes, puede significar el primer paso hacia nuevos desarrollos. En efecto, más tarde o más temprano, ha de llegarse al accionamiento de las ruedas del tren, tanto para el despegue como para el aterrizaje, sobre todo, mientras el rendimiento de propulsores por reacción continúe siendo insuficientes para bajas velocidades; es decir, que está perfectamente indicado el ayudar al despegue mediante la *transmisión directa de la potencia del árbol de la turbina a dichas ruedas del tren.* Naturalmente, que hay que estudiar la manera de efectuar tal transmisión para potencias elevadas. Sin embargo, las dificultades no parecen insuperables y se espera que ese procedimiento tenga rendimiento mayor que los ensayados hasta hoy y que se han revelado poco económicos y mal adaptados a la aviación civil (capultaje y cohetes de despegue).

Desde hace varios años se dispone de hélices de paso reversible para el frenado durante el aterrizaje y la maniobra en tierra. Pero el paso a la propulsión por reacción pura obliga a encontrar otras soluciones. La eliminación del calor de rozamiento de los frenos corrientes de las ruedas del tren, supondrá, probablemente, nuevas dificultades en los aviones de gran peso del porvenir; ya las nuevas velocidades obtenidas a base de perfiles delgados han conducido al desarrollo de bandajes estrechos para alta presión. Así como el automovilista utiliza el motor para absorber la energía cinética del vehículo y aliviar los frenos de un esfuerzo total de frenado, así será posible proceder en el aterrizaje, realizando la transmisión entre el tren y el propulsor del avión.

Acomodación de los trenes de aterrizaje de los grandes aviones a las pistas existentes.—John A Ryan, de la Douglas Aircraft Comp., prevé que para 1955 tendremos para el servicio general de transportes aéreos con un peso de 68.000 kilogramos, y en 1960 habrá alcanzado y aun superado los 90.000 kilogramos.

Los estudios de la Douglas comprenden el C-124 de 79.275 kilogramos, que volará este año, e indica Ryan que, sobre las bases del presente criterio, solamente seis aeropuertos en todos los Estados Unidos serán capaces para recibir el citado C-124. En efecto, de acuerdo con Ryan, todos los aviones con más de 56.000 kilogramos de peso bruto en el despegue necesitarán pistas de hormigón de un grueso de 30 a 45 cms. Esto es costoso, además de eliminar para el presente muchos aeropuertos que serían puntos lógicos de servicio para este tipo de aviones.

Es mucho lo que puede hacerse en el diseño del tren de aterrizaje al objeto de reducir al mínimo el desgaste sobre la superficie del aeropuerto. Como soluciones parciales se dan el aumento del tamaño de los neumáticos, reducción de las presiones de los mismos, ruedas múltiples, trenes-orugas, etc., Douglas empleó varios de estos procedimientos hasta conseguir el diseño del tren del avión C-124. El tamaño de los neumáticos se aumentó prácticamente al máximo y la presión de hinchado de las cámaras se hizo reducida y se llegaron a obtenerse huellas muy grandes de la cubierta.

Tales diseños se emplean con merma de las características de suelo del avión. Las grandes dimensiones de las cubiertas y la multiplicidad de las ruedas aumentan, sobre todo, los tamaños del tren de aterrizaje con el consiguiente aumento de las barquillas para ocultarlo. El aumento de las barquillas eleva la resistencia del aparato, afectando a sus características de vuelo y a las velocidades máximas. Así como también al reducir las presiones de las ruedas, el desgaste de las mismas aumenta y el costo de mantenimiento, a su vez, se eleva. He aquí un problema para el fabricante de aviones.

Por todo lo cual, el criterio de Moore es el siguiente: «Los afirmados pueden ser construídos para cualquier tipo y peso del avión que pueda producir la imaginación del proyectista. Ahora bien, hay un límite real que es, la capacidad financiera del propietario del aeropuerto, hasta el cual pueden llegar las compañías de líneas aéreas en el pago de los servicios proporcionados en el aeropuerto. Si los proyectistas de aviones dejan volar su fantasía sin tener en consideración estos límites, los costos operativos llegarán a un extremo tal que constituirán una rémora para el transporte aéreo.

Hélices silenciosas.—Una de las mayores dificultades que precisa vencer al emplazar nuevos aeropuertos, es la objeción que generalmente se hace al ruido producido por los aviones. Aunque los experimentos efectuados frecuentemente han probado que la instalación de un nuevo aeropuerto, al desenvolverse, atrae residentes y comerciantes a sus alrededores, es creencia general que algunos tipos de aeropuertos producen la devaluación de las propiedades residenciales que lo rodean. Como resultado de esto, se están efectuando investigaciones conducentes a la eliminación del ruido de hélices. Se cree que el ruido del motor solamente no será más ni menos molesto que el producido por el tráfico normal pesado de automóviles en las calles.

El ruido de las hélices sería, probablemente, eliminado por un diseño que propugnara más palas y reducción en la velocidad a la cual giran, pero con ello aumentará un tanto el costo. Tal perfeccionamiento en las hélices para aviación parece que será un hecho dentro de la próxima década. La principal objeción en contra de los aeropuertos sería eliminada entonces.

Helicópteros.—Los helicópteros son aviones de alas rotativas, cuya sustentación es efectuada por medio de palas giratorias. La naturaleza del aparato le permite una ascensión directa, así como una extremada maniobrabilidad. Resulta obvio decir que este tipo de avión necesita más facilidades especiales en el aeropuerto que las del espacio de aparcamiento, para lo cual es suficiente una zona de cinco o seis veces la extensión de sus rotores, de modo que puede muy bien aterrizar en una azotea.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Lo más común es pensar en el helicóptero como en un medio que será usado en número creciente en el futuro para reducir el tiempo que supone el transporte por tierra, como auxiliar de las líneas aéreas comerciales.

Las estadísticas indican que de un 50 a un 75 % del tiempo que se emplea en viajar por tierra pudiera ser eliminado por medio de un servicio helicóptero-taxi entre las ciudades o áreas suburbanas y el terminal principal para pasajeros de la compañía aérea. Tal servicio haría posible líneas aéreas de más corto recorrido para competir con el costo de los presentes servicios de coches; serían necesarias para los helicópteros unas tarifas de 10 a 12 centavos por milla. Créese que esto será más posible por entero cuando puedan emplearse helicópteros con capacidad para 30 o 40 personas. La Civil Aeronautic-Board ha concedido ya la licencia a varias compañías por un período de tiempo limitado para el transporte por este medio de pasajeros y correo.

Además del correo aéreo, servicio de «taxi» y pequeños recorridos de pasajeros (similar al servicio de conexiones planteado por varias comunidades de Rhode Island) hay otros muchos e interesantes usos de helicóptero. El alto grado de adaptación de este tipo de aparato para fotografía aérea, transporte de paquetería, enlace interfactorial de industrias, actividades de policía aérea, servicio de localización de incendios en bosques, vigilancia de oleoductos, misiones de socorro y otros muchos, dan idea de las grandes posibilidades que para el futuro ofrece el helicóptero como suplemento del avión normal y del transporte terrestre.

Avión-automóvil y automóvil volador.—Para diferenciar el avión-automóvil del automóvil volador se ha de saber que los planos, hélices y otros aditamentos del vuelo en el automóvil volador no forman parte del equipo orgánico de éste, al contrario de lo que sucede con el avión-automóvil, el cual lleva su equipo de vuelo cuidadosamente recogido y preparado para cualquier eventualidad. Los sistemas son frecuentemente confundidos o nombrados indistintamente.

El uso y la investigación futura dictarán qué tipo o qué modificación de los ya conocidos será la más práctica. Inicialmente, el costo de cualquiera de los dos tipos será probablemente alto hasta que los métodos de ingeniería se hallen perfeccionados a tal punto que consigan que el avión sea suficientemente fuerte para viajar tanto por tierra como en el espacio, y que, al mismo tiempo, pueda mantenerse dentro de los límites del poder adquisitivo de la clase de venta media.

Este tipo flexible de operación conseguido por tal combinado, proporcionará la posesión del medio de transporte automóvil y del pequeño avión en una sola unidad, dándose, asimismo, impulso para su pronto desarrollo. Generalmente hablando, el auto volante operará sin necesidad de bases fijas. El avión-automóvil, con su equipo orgánico de vuelo, podría en cualquier punto intermedio posarse en tierra o lanzarse al espacio, solamente la inclemencia del tiempo le forzaría a ser un vehículo de tierra, si bien, una vez desaparecido este impedimento, podría volver a ser empleado como avión.

Posibilidad de reducir casi a cero la velocidad mínima de los aviones.—Las ideas que damos a continuación son debidas al ingeniero aeronáutico Julio Constanzi (Reviff. Aeron. Octubre 1946).

De tal manera estamos acostumbrados a ver los aeroplanos despegar y aterrizar tangencialmente a tierra, que, sin darnos cuenta de ello, nos hemos hecho a la convicción de que esta modalidad de salida y llegada sea característica del tipo especial de máquina aérea.

Demostremos, sin embargo, que debe existir también la posibilidad de partir sin carrera de despegue como la de posarse suavemente en el terreno, como hacen los pájaros.

Ante todo, consideremos el problema desde el punto de vista energético; es decir, tratemos de fijar si la potencia ordinariamente disponible a bordo donde existiese el mecanismo adecuado para utilizarla, sería suficiente para mantener quieto en el aire el avión. Podemos afirmar que esta posibilidad existe. Los helicópteros llegan a tener un impulso vertical de unos 14 kilogramos por C. V., 2.000 C. V. podrían mantener fijo en el aire un aparato con un peso de 28.000 kilogramos; ahora bien, un aeroplano de 2.000 C. V. de potencia disponible pesa, generalmente, mucho menos de la mitad y, por tanto, no estamos frente a un absurdo filosófico.

Haciendo un estudio teórico de la cuestión llega Constanzi a la conclusión de que se pueden obtener velocidades mínimas muy cercanas a cero. ¿Qué se opone a la realización práctica de una velocidad mínima tan modesta? La aplicación de las fórmulas, ¿nos han conducido a un absurdo? Probablemente, no. Basta reflexionar que en los aterrizajes a que estamos habituados, los 2.000 C. V. disponibles a bordo, *quedan absolutamente inutilizados*, porque el piloto corta o reduce la admisión, mientras que *si existiese un mecanismo para utilizarlos con el fin de la sustitución*, no obstante la disminución de la velocidad bastaría no sólo para mantener en el aire el avión de que se trata, sino a otro más pesado, como hemos visto antes.

En consecuencia, ¿dónde está la causa del desacuerdo entre la teoría y la práctica? La causa de la diferencia de los resultados está en el hecho de que, en regímenes lentos, es decir, en las fuertes incidencias, el flujo de aire se separa del extrador del ala y la capacidad sustentadora de ésta decae. Se trata de alejar esta separación hacia las incidencias inferiores mediante dispositivos de hipersustentación; sin embargo, aún con estos dispositivos, la toma de tierra se hace a velocidades horizontales elevadas en las cuales basta un pequeño error para determinar la catástrofe.

He aquí punto crucial de la cuestión: tanto con el uso de hipersustentadores como si éstos, los 2.000 C. V. disponibles de a bordo, y, repetimos, teóricamente capaces de sostener el peso del avión quieto en el aire, quedan inactivos, porque el piloto, en la fase de aterrizaje, reduce la admisión y prácticamente renuncia a ellos.

¿Existe un medio para salir de esta situación absurda en que estamos? Probablemente existen varios: los pájaros, por ejemplo, adoptan uno no practicable por los aviones, pasando del vuelo planeado al vuelo batiendo las alas; otro medio sería el de forzar la circulación de la velocidad en torno del ala hasta el punto de compensar la disminución de la velocidad de traslación; un tercero sería el ya intentado de acoplar el helicóptero al aeroplano mediante un esquema constructivo biplano, cuya ala superior podía resultar, cuando se quisiera, hélices sustentadoras. Lo híbrido de la solución turba profundamente la magnífica simplicidad de la línea del aeroplano, motivo de su alta

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

velocidad y, por tanto, de su éxito, no obstante el defecto que se le atribuye.

Probablemente es necesario pensar en utilizar la potencia más allá de los límites hasta ahora alcanzados de la circulación de la velocidad. También este medio ha sido probado, pero sólo con el modesto fin de una hipersustentación limitada, absorbiendo la capa límite mediante los escapes de los motores, a través de ranuras practicadas paralelamente al borde de ataque sobre el extrador del ala.

Es todo un estudio que quizás merecería ser presentado con el complejo de elementos numéricos concretos.

Las consecuencias del invento serían incalculables; baste decir que *no serían ya necesarios los kilómetros de pistas en los aeropuertos*, y que éstos podrían ser fácilmente ubicados próximos a las ciudades, sin servidumbres aeronáuticas excesivas en los alrededores.

Avión de ala en canal (*The channel-wing aircraft*).—Una nueva versión en la sección del ala es la conocida con el nombre «ala en canal» diseñada por N. R. Auster y que permite velocidades de aterrizaje extremadamente bajas por medio de la adaptación de «flaps» en la citada sección. Se han hecho ya experimentos con un avión bimotor provisto de este tipo de alas. Las «alas en canal» tienen la apariencia de medios cilindros, y el aire es canalizado dentro de unos embudos situados delante de las hélices. La acción del aire reduce la presión de éste en la parte superior del ala, ya que es conducido por las hélices rápidamente a través del canal de las alas. La presión en la porción inferior del ala permanece igual, produciendo una diferencia de presión entre las dos superficies que da un resultante de fuerza sustentadora. Experimentos extensivos pueden probar que este diseño puede resultar un impulso grande sobre el desarrollo de la aviación, particularmente la privada.

Hélices de paso reversible.—Este tipo de hélice es útil desde el punto de vista de la seguridad, ya que puede acortar las longitudes de aterrizaje actuando como freno, y que puede utilizarse, asimismo, como freno para el caso de que el avión no pueda despegar con velocidad suficiente para saltar cualquier obstáculo. Sin embargo, la seguridad no debe comprometerse mediante excesiva reducción de las longitudes de las pistas, basándose nuevamente en una reducción en los recorridos de aterrizaje de los aviones.

Es probable que todos los grandes aviones del futuro tengan hélices de paso reversible. El frenado mediante ellas es suave y rápido y no habrá necesidad de recorrer tanta longitud de pista de aterrizaje, sino que los aviones podrán llegar a la zona de muelles recorriendo caminos más cortos. En los aviones con varios motores las hélices de paso reversible harán más fáciles las maniobras en tierra. Con unas hélices funcionando normalmente y otras en paso invertido pueden hacerse giros rápidos sin emplear los frenos de las ruedas. Se seguirán utilizando los frenos de la rueda, pero se considerarán como frenos suplementarios.

Hélices impulsadas por chorros que salen por sus extremos.—Una hélice de este tipo puede competir, en rendimiento, con las movidas mediante el motor alternativo. El modo de funcionar es muy sencillo. Un motor de reacción está situado cerca del buje de la hélice. Sus gases, conducidos a través del buje y a lo largo de las palas de la hélice, se expenden en los extremos de las mismas, que están especialmente diseñados por ello, y hacen que la hélice gire. Con este tipo de propulsión el mantenimiento será bajo (de precio), se eliminará el tiempo necesario actualmente para calentar motores y los indicadores y regulaciones del motor serán simplificados.

Influencia de la localización del ala.—En la Aeronautical Conferences de la J. A. E. S. and R. Ar. S., Raymond dijo:

«Entre los problemas básicos del proyecto de aviones está la determinación de las alturas sobre el suelo del piso de las cámaras que adquiere importancia cada vez mayor, ya que aumentan a medida que aumenta el tamaño de los aviones. Los operarios de las líneas aéreas prefieren generalmente los pisos bajos, y aquí entran en discusión el problema de localización del ala respecto al fuselaje. En el monoplano de ala alta el peso del tren se incrementa según el cuadrado de su longitud. Los momentos debidos a fuerzas de frenado y, por tanto, las fuerzas de torsión sobre el ala se incrementan con esta longitud, y el gran momento de frenado debe ser transmitido a la rueda delantera a través de la porción del fuselaje que está delante del ala. Se ha estimado un incremento de peso en el DC-6 de 2.700 kilogramos si fuera construído con el ala alta.»

Relación entre el tamaño de los aviones y sus características de vuelo.—De Raymond son también las siguientes consideraciones:

Basándose en la ley del cuadrado-cubo, que dice que para aviones geométricamente semejantes las áreas varían según el cuadrado de cualquier longitud típica y los pesos según el cubo de dicha longitud se deduce que:

1) Las longitudes de las pistas de aterrizaje tienden a variar según una longitud típica del avión o según la raíz cúbica del peso mismo.

2) Para obtener características de vuelo similares, la potencia instalada debe variar según la longitud típica elevada a 7/2, o según el peso del avión elevado a 7/6.

3) La longitud de despegue tiende a variar la raíz cuadrada de la longitud típica o según la raíz sexta del peso.

4) Las velocidades elevadas variarán según la raíz cuadrada de la longitud típica o según la raíz sexta del peso.

5) Las fuerzas de mando varían según la potencia cuarta de la longitud típica o la potencia 4/3 del peso (y el piloto sigue siendo del mismo tamaño).

Este análisis general es bastante rudimentario, pero puede ser desarrollado *para obtener las características técnicas de aviones mayores a los actuales.*

Parece que un futuro aumento de tamaño de los aviones debe esperar a un incremento importante de la densidad de tráfico de las líneas aéreas y a una posición financiera más fuerte de las mismas. Sólo los encargos militares pueden soportar los grandes gastos que se originan con el aumento de tamaño.

Sistemas de repostado bajo el ala.—Por medio de este sistema de repostado pueden cargarse 2.270 litros por minuto frente a 200 litros minuto que podían cargarse con los sistemas antiguos.

Se emplea un solo hombre para conectar una única manguera en un solo punto del avión situado en el intradós del ala. Se llena desde él la totalidad de los depósitos, en los que existe una conducción múltiple que los enlaza.

En vuelo, el sistema es por completo automático. Válvulas de cierre flotadoras, instaladas en cada depósito de combustible, regulan el transvase automático de éste desde los depósitos auxi-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

liares a los principales al ritmo necesario para lograr que el centro de gravedad del avión se desplace. No hay necesidad de que el piloto accione las llaves de los depósitos manualmente, y por ello, tampoco hay posibilidad de que el motor falle cuando un depósito, desatendido por el piloto, quede vacío.

La propulsión cohete del tipo empleado en el «Bell X-1».—Produce 2.720 kilogramos de empuje por espacio de tres minutos de funcionamiento continuado, limitación impuesta más bien por las disponibilidades de combustibles que por un funcionamiento deficiente o por la duración del motor en sí. El motor cohete de 95 kilogramos de peso, quema una mezcla de oxígeno líquido y de alcohol que penetra en sus cuatro cámaras de combustión mediante un sistema de alimentación de nitrógeno a gran presión.

Despegue ayudado por cohetes.—Las necesidades de espacio para el despegue han quedado reducidas considerablemente (en algunos casos, hasta un tercio solamente de la distancia normal) mediante la aplicación del sistema JATO («jet assisted takeoff»), con vistas a aumentar el empuje. Tiene 90 kilogramos de peso y da 434 kilogramos de empuje durante doce segundos. Se han probado otras instalaciones que podrán desarrollar un empuje de 1.360 kilogramos.

Las instalaciones de cohetes JATO probablemente se convertirán en equipo normal en todos los nuevos aviones de reacción. También se espera un empleo más amplio en el futuro con relación a los aviones normales de carga y a los tipos pesados de bombarderos.

II. EVOLUCIÓN DEL ATERRIZAJE CON INSTRUMENTOS, DE LAS AYUDAS A LA NAVEGACIÓN Y DE LA REGULACIÓN DEL TRÁFICO AÉREO

Introducción.

La necesidad de ayudas más eficaces para la regulación del tráfico en las rutas aéreas y fuera de ellas, así como para las operaciones de aterrizaje instrumental y navegación aérea en general, es cada vez más evidente a medida que avanza el diseño de aviones, sus características y la actividad aérea (densidad de tráfico). No solamente se ha de procurar desarrollar los métodos de aterrizaje con instrumentos y las ayudas a la navegación aérea, en conjunción con los adelantos técnicos y métodos para la regulación del tráfico aéreo, dirigido directamente a conseguir volar bajo todas las condiciones atmosféricas, sino también el aumento de la velocidad y radio de acción de los aviones y el crecimiento del volumen de tráfico exigen un incremento en la eficacia y seguridad de tales medios. Las crecientes velocidades de crucero y número de aviones, tanto comerciales como privados, dan como resultado gran densidad de tráfico en las rutas aéreas y en las áreas de regulación situadas alrededor de los aeropuertos. Tal densidad exige, naturalmente, mayor rendimiento en la regulación del tráfico que está bajo la de los instrumentos, tanto como para el aterrizaje como para el vuelo.

Pierre Gaudillere (en «Forces Aeriennes Francaises») nos dice, acerca de la «navegación aérea del mañana», lo siguiente:

«El principio básico en que se debe inspirar la evolución de la radionavegación para el futuro es la tendencia al automatismo, lo cual se debe ejercer en tres dominios diferentes: 1) El automatismo de las medidas. 2) El automatismo de las indicaciones y 3) El automatismo de las maniobras.»

Automatismo de las medidas.—La evolución de la navegación aérea comprende tres edades diferentes, que cronológicamente son:

a) La edad de las medidas hechas por operadores en tierra.

b) La edad de las medidas hechas por operadores a bordo de los aviones.

c) La edad de las medidas que no exigen ningún operador.

La primera fué la de los «gonios» en tierra, lo que exigía muchos especialistas en muchos «gonios» para un solo avión. Hoy existe un sistema muy moderno, que es el G. C. A., gracias al cual operadores en tierra determinan por retención del «radar» la posición del avión y dan por radiotelefonía al piloto las indicaciones necesarias para maniobras de aterrizaje.

La segunda edad fué la de los radiofaros en tierra, que permitían a muchos aviones determinar su respectivas situaciones trabajando sobre esos radiofaros, con sus «gonios» de a bordo. Los sistemas Loran y Gee, que utilizan a bordo medidas oscilográficas, representan un estado más avanzado en la evolución de esa edad.

Sin embargo, en esa edad de ejecución a bordo no es más que un estado intermedio para resolver el problema de la rápida saturación que tenía la edad primera de las medidas en tierra. Hay que comprender que a bordo se trabaja siempre en peores y más precarias circunstancias de espacio y de tranquilidad que en tierra.

Debe ser la organización de tierra la que dé al aire resueltos los problemas con más exactitud y más calma y comodidad, todo lo cual garantiza la rapidez y precisión.

La tercera edad, a la cual la radionavegación aérea tiene que conducir forzosamente, suprime toda intervención de operadores y, con ello, suprime la posibilidad de error; la lentitud y el cansancio debe emplear emisiones continuas desde tierra y registro automático a bordo de los aviones en vuelo.

La primera manifestación importante fué el radio-compás. Se pueden aquí reseñar los radiosalineación de señales Morse canalizadas (Lorentz, SBA, radiogonias).

Esta tercera edad desarrolla los radiosfaros omnidireccionales (omniranges), las alineaciones de aterrizaje (ILS), los sistemas DECCA, los medidores de distancias radar o de impulso, etc. Los adaptadores están en estudio para completar los receptores de los sistemas Loran y Gee, con la ayuda de aparatos de lectura directa que no exijan ninguna manipulación. Los aparatos del moderno sistema deben ser totalmente automáticos en su funcionamiento.

Automatismo de las indicaciones.—Toda clase de informes dados al piloto deben traducirse por una indicación, por ejemplo: «Tal rumbo a brújulas», «Virar a la derecha tantos grados», etc.

En ciertos casos particulares, los informes de navegación son directamente utilizables como indicación de pilotaje: radioalineación, senda de planeo (glido path), «homing» (recalada), maniobra de espera en círculo alrededor de una baliza respondedora de con la ayuda de un medidor de distancia («orbiting»).

En otros casos, los informes de navegación se traducen, en general, por la concreción de una *línea de situación*, que no debe confundirse con la ruta que se ha de seguir, y queda solamente un lugar geométrico donde se halla la situación: azimut, dado por un radiofaro lateral a la ruta seguida; demora, respecto a un emisor; hipérbole Loran, Gee o Decca; distancia a una baliza «respondedora», etc.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Con intersecciones radiales rectas en una carta corriente de navegación o por intersecciones de hipérbole en un plano de navegación hiperbólica se hallan la situación, y, uniéndola al punto de destino, aparecerá la ruta que se ha de seguir, con lo cual, según su ángulo con el Norte, podrá darse al piloto el «rumbo en brújula». Todo esto exige un miembro de la tripulación (navegante, segundo piloto o «radio») experto en estas operaciones.

La solución ideal sería la que diese simultáneamente y sin intervención de nadie de la tripulación lo siguiente:

a) La posición del avión en un mapa, por ejemplo, por medio de un punto luminoso móvil en una carta transparente.

b) Una indicación «derecha e izquierda» por medio de una aguja indicadora en el tablero del piloto, que lo lleve por el camino más corto a un punto de destino escogido, cuyas coordenadas se hayan puesto en este indicador de ruta.

c) La distancia que falta por recorrer hasta llegar a ese punto de destino; distancia indicada con la ayuda de un contador kilométrico.

d) La velocidad del avión respecto al suelo.

Hay que confesar que con el estado actual de la técnica estas soluciones ideales no son de realización fácil.

Automatismo de las maniobras.—Este está prácticamente logrado. Un piloto automático puede ya efectuar las maniobras que se le ordenen desde tierra por procedimientos radioelectrónicos, auxiliándose para ello de servomotores. El problema del avión sin piloto en cuanto a maniobras, puede considerarse resuelto. Vuelos completos (incluído el despegue), cruzan el Atlántico (logrado con el piloto automático A-12), recalar y tomar tierra en una pista determinada de antemano, han sido logrados con excelente éxito utilizando aquellos procedimientos de navegación en los que las medidas se traducen directamente en indicaciones de pilotaje: «homing» (recaladas) y radiobalizas de alineación para el aterrizaje.

Esto conduce a examinar las posibilidades de la radionavegación en un terreno más amplio y casi inexplorado; el de los aviones y máquinas aéreas teleguiadas (sin piloto).

Lógicamente, y por perfeccionado que estuviese el sistema de «telecomunicación sin piloto», nunca se suprimirá el piloto humano de aviones de líneas para pasajeros, confiándolos a un «robot». Ciertas circunstancias imprevisibles pueden exigir la inteligencia y la decisión de un piloto humano experimentado.

Sin embargo, el calentamiento producido en las grandes velocidades y las aceleraciones fuertes pueden exigir el avión sin piloto para ciertos usos.

Se concibe en la paz para:

Cohetes postales transoceánicos.

Servir en la estratosfera de reforzadores en las transmisiones en onda ultracorta o en emisiones de televisión (helicópteros, aviones o cohetes).

Observaciones científicas de fenómenos meteorológicos de rayos cósmicos, etc. Las aplicaciones militares son múltiples, pero no nos interesan aquí.

1. Sistemas propuestos para el futuro

En los párrafos siguientes se discuten varios de los sistemas propuestos para ayudar a la navegación aérea y regulación del tráfico aéreo. No puede predecirse si se adoptará una modificación de uno o más de estos sistemas para uso en el transporte comercial y privado hasta que no se hagan las pruebas suficientes para ver si tienen la elasticidad necesaria, cumple su cometido o tal vez sea necesario desarrollar nuevos sistemas más eficaces.

Sistema FIDO.—Este sistema se emplea para disipar la niebla a lo largo de las pistas de aterrizaje. Quema gasolina y fué empleado con buen éxito en los últimos meses de la guerra. Tal sistema era muy costoso y se ha mejorado últimamente por medio de quemadores de alta presión. Si ello se combina con un sistema instrumental de descenso, reduciendo así la extensión de la pista que se ha de limpiar de niebla, el costo resulta ya compensado por la mejora de regularidad de las líneas aéreas y porque se evitan canalizaciones de servicios. Existen ya algunos aeropuertos que realizan experimentos concretos.

Signal Corps System o SCS-51.—Este sistema permite una regulación suficientemente eficaz para utilizarlo hasta que se decida un sistema definitivo. El SCS-51 es una versión portátil del sistema de aterrizaje V. H. F. desarrollado antes de la guerra. Consta de tres elementos: enlocalizador, el sendero o «glide path» y las balizas.

Sistema ILS.—Estamos aún lejos de conseguir —incluso en los Estados Unidos— el ritmo de un movimiento por minuto para aterrizaje y despegue con mal tiempo. Cuando la visibilidad disminuye, obligando al aterrizaje instrumental, se producen muchas cancelaciones de vuelos. Una mejora se obtendrá, desde luego, con las dos medidas que ya se comienzan a poner en práctica en los grandes aeropuertos. De un lado, la substitución del antiguo sistema «SCS-51», producto de la guerra, por su versión más depurada ILS («phase comparation»). De otro lado, se complementa ese radiofaro de aterrizaje por una ayuda de tipo «radar», sea la completa GCA, que permite dirigir el avión desde tierra en todas las operaciones de aterrizaje, o sea simplemente un buscador del tipo PPI, que se limita a advertir riesgos de colisión; en uno u otro caso, ello da más confianza a todos los pilotos y permite ayudar también a aquellos aviones que no poseen equipo de aterrizaje instrumentado.

Sistema de aterrizaje CCA.—Los equipos encargados del G. C. A. utilizan actualmente una estación de «radar» (6.800 Kg.) más ligera que la empleada en los primeros días del desarrollo de este sistema de aproximación mediante indicaciones desde tierra.

La estación se utiliza conjuntamente con el nuevo «radar» terrestre de vigilancia, y supone una considerable mejora en las instalaciones auxiliares para la regulación del tráfico en los aeropuertos.

Combinando los seis indicadores utilizados en el equipo que se usaba previamente, es posible actualmente realizar las funciones de la aproximación mediante indicaciones con sólo dos operadores. Por ello la capacidad de dirección del tráfico se ha incrementado en un 200 % aproximadamente, o bien en unos 40 aviones por hora en total.

LANAC o Lammiar Air Navegación and Anti-Colisión System. El objeto de este sistema es la seguridad del vuelo para navegación a corta distancia y evitar las colisiones en el aire, pero no facilitar la recalada y el aterrizaje. Está compuesto por dos

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

unidades básicas: el interrogador-respondedor con un tubo de rayos catódicos tipo L y un transceptor.

Sistema aerotronios.—Consta de un equipo de «radar» de explosión a bordo del avión, otro equipo de exploración en tierra y equipos transceptores a bordo y en tierra; sirve para la regulación del tráfico aéreo y para el aterrizaje instrumental. Tiene como idea básica la de proveer al piloto de «ojos» y ofrece las ventajas de advertir el peligro de colisión tanto con aviones equipados con este sistema como contra otro cualquiera y asimismo contra obstáculos del terreno. Sirve para delatar turbulencias y condiciones meteorológicas y proporcionar información del terreno y para la navegación aún sobre zonas en las que no hay instalaciones de este tipo.

Sistema Teleran.—Es una combinación de un equipo radar de exploración, equipos radar transceptores y equipos de televisión. Ha sido propuesto como solución definitiva para la navegación aérea y para la regulación del tráfico. Entre las ventajas que presenta el Teleran están: la participación del piloto en las señales desde tierra en el manejo de los problemas del tráfico (es decir, la intervención directa del piloto en el tráfico); su flexibilidad para la elección de los senderos o caminos por los que puede volar el uso de los mismos aparatos para todas las operaciones, incluyendo la regulación de rodadura por pistas, y una posible gran reducción de las comunicaciones por fonía mediante la presentación en forma gráfica de una gran cantidad de información. La propuesta presente no incluye un sistema automático absoluto, ya que intervienen el piloto y las indicaciones de tierra, pero con algunas modificaciones puede adaptarse a procedimientos de vuelo automático.

A fin de hallar la altitud en cualquier momento el avión lleva un transceptor. Otros equipos que producen ser incluídos en el sistema son:

1.º Equipos «radar» de alta potencia para exploración espaciados a lo largo de las rutas aéreas más importantes y que, sin tener que ser atendidos, transmitirían fotografías automáticamente.

2.º Equipos de «radar» de baja potencia en los grandes aeropuertos para observar y dirigir a los aviones de líneas regulares que aterricen en dicho aeropuerto; y

3.º Equipos «radar» para exploración de un sector con gran precisión situado en todos los aeropuertos con pista de vuelo sin visibilidad, para suministrar la información necesaria para el aterrizaje, junto con adecuados transmisores de televisión para enviar a los aviones dicha información.

Sistemas de microondas Sperry para la regulación del tráfico aéreo.—Este sistema está propuesto como método que utiliza la técnica de microondas continuas para conducir el avión y la técnica de impulsos para exploraciones o vigilancia. Este sistema proporciona otra solución a la navegación aérea, regulación del tráfico y aterrizaje instrumental en cualquier condición atmosférica. Cada uno de sus elementos componentes ha sido diseñado para tener un máximo de flexibilidad. El proyecto de este sistema elimina del «radar» o de impulsos en lo que se refiere a conducir al avión, pero la recomienda para la exploración desde tierra. Como accesorio al piloto automático Sperry, este sistema influye un dispositivo de gobierno automático de aproximación que está proyectado para operar con el SCS-51, aunque ha sido aprobado ya para operar con el sistema de microondas Sperry.

Sistemas «Navaglobe», «Navar», «Navaglide» y «Navasersen».—Otras soluciones propuestas a los problemas de navegación aérea, regulación del tráfico y aterrizaje con instrumentos son las siguientes:

1.º «Navaglobe» para navegación a gran distancia; 2.º «Navar» para regulación del tráfico de aeropuertos; 3.º «Navaglide» para aterrizar instrumental y automático, y 4.º «Navasersen» para unión y proporcionar información a los centros de regulación del tráfico. Estas propuestas cubren todas las fases excepto la navegación a cortas distancias, que parece estar resuelta satisfactoriamente con los equipos actuales.

El sistema «Navaglobe» incluye dos indicadores: un mediador de azimutal que da el ángulo azimutal del avión desde la estación; y el A. D. F. (Automatic Direction Fiuder) o buscador automático de dirección que da la marcación de la estación desde el avión. Con este sistema se espera que basten 75 estaciones terrestres para cubrir la mayor parte del Globo.

El sistema NAVAR para regulación del tráfico de los alrededores de un aeropuerto consta de ocho instrumentos. Los tres primeros proporcionan una visión desde el vuelo de la posición de los aviones dentro de cierto radio. Los dos siguientes son mediadores de distancia y ángulos azimutales en el avión y pueden ser cambiados con un solo instrumento. El 6.º es un «Navascope» que indica la posición relativa de los aviones en una pantalla y necesita que los equipos exploradores de «radar» instalados en tierra le envíen información por medio de un transmisor a impulsos. «Navimonder» es el nombre dado a los instrumentos 7.º y 8.º y son un sistema de señales y de registro automáticos.

El sistema «Navaglide» es de microondas que utiliza una sola frecuencia para el sendero, o «glide patly» y el localizador, por medio de una técnica de impulso.

«Navasersen» es un medio para recoger y proporcionar información para uno de los operadores de tierra. Los oficiales de tráfico reúnen la información y la convierten en señales comprobadas a distancia que se muestran en una gran pantalla o mapa del área afectada por las indicaciones.

Sistema teleregistrador.—Este es un plan de cuatro etapas para la regulación del tráfico aéreo proyectado para conseguir rapidez cuando aumente la densidad del tráfico. Este sistema es uno de los más fundamentales propuestos, y dada su importancia ha sido colocado en la regulación de tráfico de las rutas aéreas y como elemento avisador (o anunciador) automático.

La etapa primera proporciona un sistema automático de comunicación con tierra y de modo automático avisa y sigue los datos en los tableros de programas de vuelo. La mayor ventaja de esta etapa es que proporciona muchas comparaciones y avisos automáticos, y, por consiguiente, simplifica la labor y evita la fatiga del personal de tierra.

La etapa segunda permite asegurar automáticamente los cuatro programas de vuelo para todos los aviones que reciban los avisos sin intervención del piloto radio ni de otro personal. Como resultado de esto, y en compensación de la etapa primera, presenta automáticamente las referencias en su posición adecuada delante de los operarios encargados de las señales.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

En la etapa tercera son transmitidas automáticamente las instrucciones aclaratorias a todos los aviones en vuelo, directamente desde los tableros de programas de vuelo, proporcionados por la etapa primera, sin intervención alguna.

Bajo la cuarta etapa el sistema proporcionará automáticamente la separación de tiempo para cada avión en vuelo a lo largo de la ruta aérea determinada y transmitiendo sin intervención del hombre las separaciones o espacios basándose en el programa de los aviones que le anteceden. A medida que el tráfico lo pida pueden añadirse más etapas.

Sistema G R S o General Railway System (*Sistema general de ferrocarriles*).—Este es el segundo sistema propuesto de importancia primordial para la regulación y dirección del tráfico en las rutas aéreas. Utiliza un principio de circuito de tráfico sobre el que está basado el de enclaramientos ferroviarios.

Exige que cada ruta esté provista de balizas de radios o «radar» que permitan al piloto seguir un curso definido. La ruta aérea se dividirá en bloques por medio de paredes verticales imaginarias que la cortasen. Las dimensiones o longitud de estos bloques serán función de la cantidad del tráfico. Además, la ruta sería dividida en capas de 1.000 pies de altura. Equipos automáticos de tierra y en avión determinarían cuándo cada bloque está ocupado. La estación de tierra indicará al que ocupase el bloque si el bloque siguiente está ocupado o no. Un sistema de luces de colores podría establecerse de modo similar a como se usa en los ferrocarriles.

Este sistema requiere una cadena de estaciones de balizas en tierra a lo largo de la ruta y la instalación de un equipo ligero con indicador de señales en cada avión. Todas las estaciones de tierra podrían ser automáticas y enlazadas por radio. Este sistema proporciona la información sobre la cual el piloto puede tener libertad al elegir el camino adecuado a lo largo de la ruta.

Balizas de «radar» similares al sistema Lanac, combinado con «relés» de enclavamientos automáticos usados en el tráfico ferroviario serán probablemente los elementos básicos de un sistema experimental para el aeropuerto de La Guardia.

III SUMARIO

El motor alternativo continuará predominando en el campo de las bajas potencias, con algunos solapes en la espera de las turbo-hélices. La turbo-hélice solapará los campos de bajas y altas velocidades de los propulsores a chorro. También la turbo-hélice competirá algo con el motor alternativo en los aviones pequeños, hacia 1970. El motor de propulsión a chorro parece que será el predominante para altas velocidades y encontrará particularmente aplicación comercial en el tiempo que abarca este estudio, adaptándolo a las líneas regulares con paradas restringidas.

En cuanto se refiere a la aviación comercial, el uso del motor alternativo disminuirá a medida que vaya incrementándose el empleo de la turbo-hélice. Como ya se ha indicado, la propulsión a chorro será más práctica para transportes de gran velocidad y gran radio de acción que para otro tipo de aviones.

Los aviones de carga, al exigir mayor economía operativa de alta velocidad, continuarán utilizando motores alternativos por muchos años. Sin embargo, se cree que hacia el 1970 usará en este tipo de avión en igual proporción la turbo-hélice que el motor alternativo.

El motor alternativo seguirá predominando en el campo de los aviones privados durante el período de tiempo en estudio. Como se ha indicado, la turbo-hélice puede penetrar en este campo, pero la mayor velocidad obtenida mediante la adaptación de este motor no compensará el alto coste operativo.

Todo ello trae consigo, naturalmente, mayores velocidades de crucero y el lógico aumento de carga alar y, en principio, de las longitudes de las pistas de aterrizaje o despegue.

Otros adelantos técnicos que tengan particular influencia sobre la utilización de los aviones, tendrá, naturalmente, un efecto definitivo sobre principios y procedimientos del proyecto de aeropuertos. El tren de aterrizaje para vientos cruzados o de costado aumentará la utilización de los aviones privados y comerciales. La hélice silenciosa ayudará a vencer la resistencia que el público opone a la aviación en general y en situarse en las proximidades del aeropuerto, en particular. El helicóptero tiene la utilización de ofrecer ventajas al vuelo comercial y privado, así como gran cantidad de aplicaciones. Aviones automóviles personales, y autos volantes y el avión con el ala con canal, han añadido seguridad y utilidad que son particularmente adaptables al vuelo privado. La hélice de paso reversible usada en aviones de vuelo. La facilidad de mantenimiento que puede ser obtenida con las hélices movidas por chorros en las puntas de las palas, que son adaptables al campo de los motores de aviones baratos.

En general, parece ser que todos ellos, contrariamente a las mayores velocidades de crucero de que antes hemos hablado, utilizarán pistas de menor longitud y, por consiguiente, habrá posibilidades de disponer de mayor número de ellas en todos los aeropuertos, obteniéndose tráfico mucho más intenso que el actual; téngase, no obstante, en cuenta que en general muchos dispositivos para facilitar los despegues o aterrizajes lo son a costa de un doble perjuicio económico: en la construcción del avión, por la necesidad de complicar su estructura, y en la rentabilidad de las líneas, por disminución del peso útil; como, por otra parte, las operaciones de despegue y aterrizaje de los aviones, si bien son necesarias e imprescindibles, suponen un aspecto parcial y limitado de su total utilización, no parece muy lógico —y cada vez lo va siendo menos a medida que el recorrido de las líneas aumente— que, con vista a una facilidad en los despegues y aterrizajes sacrifiquemos posibilidades de vuelo en crucero que representan casi la totalidad del tiempo que se emplea. Esto, por supuesto, no quiere decir en forma alguna que las actuales exigencias que, tanto técnicas como económicas, los proyectistas de aeronaves van imponiendo en el proyecto de aeropuertos, continúen como hasta ahora sin limitación, pues parece haberse llegado a un punto en el que es obligada la revisión de conceptos imponiendo a los proyectistas de futuras aeronaves se vayan acomodando a las posibilidades existentes en tierra, del mismo modo que hoy en día son los barcos los que se acomodan a las posibilidades de los muelles y puertos y no éstos los que siguen la carrera desenfrenada de aquéllos.

El problema, pues, en general, parece haberse estabilizado, y en los párrafos siguientes reunimos una serie de puntos de vista

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

como resultado de una encuesta americana y que sobre el futuro de la aviación publicó General Airport Company en 1945.

1.º La frecuencia de operaciones en un aeropuerto dado dependerá de las facilidades y conveniencia que el servicio suponga para el piloto privado. Hablando en términos generales, los más de los aeropuertos serán aceptados por el sentido práctico del vuelo, lo que supondrá mayor frecuencia operativa.

2.º Se habla mucho de aviones que despegan y toman tierra en pequeñas zonas de terreno; estas charlas tienen diez años de antigüedad, pero, yo, cuando voy al aeropuerto, nunca he visto ni volado en ningún avión con estas características. Las pistas se hacen cada vez más largas, no más cortas.

3.º Creemos que los cohetes serán utilizados como auxiliares, tanto en los despegues como en las tomas de tierra.

4.º El resultado general y neto serán pistas más largas para los grandes aviones debido a los aterrizajes, auxiliados por radio. La longitud para el aterrizaje será mayor que para el despegue.

5.º Son necesarios los autobuses para el traslado de los pasajeros desde la ciudad hasta el costado del avión, al extremo final de la pista.

6.º El aumento de carga alar será probablemente mayor que el necesario para compensar los otros efectos. Los aterrizajes automáticos más bien incrementarán el requerimiento de extensión en longitud de las pistas.

7.º Aunque el perfeccionamiento de los medios de frenado tiendan a acortar las longitudes de las pistas, el uso de los más eficientes transportes de «ala alta» tenderán a alargarlas, lo que supone una tendencia efectiva a su probable alargamiento en el futuro. Unos sectores de entrada, completamente despejados, serán necesarios para todas las pistas, dado el empleo de sistemas de toma de tierra con instrumentos. El uso de dispositivos de hipersustentación a fin de acortar las longitudes de pistas, plantea un problema dentro de la técnica operativa que, generalmente, mira con desagrado la industria dedicada al transporte aéreo. *Mayores y despejados sectores de entrada, así como longitudes efectivas de pista, serán necesarios en el futuro.*

8.º Mientras las grandes capacidades de carga tenderán a la disminución de la longitud de pista, el uso de crecientes cargas alares dará probablemente un contrabalance en las ganancias. Cuando el tamaño de los aviones aumente, se cree posible que se efectúen intentos para conservar la longitud de las pistas dentro de límites razonables usando hélices de paso reversible u otros dispositivos especiales que faciliten los despegues y tomas.

9.º Los aeropuertos actuales serán completamente inadecuados para las operaciones con los aparatos actualmente en estudio. La tendencia en el proyecto del avión es el aumento de la carga alar, lo cual requiere mayor longitud en las pistas, tanto para el despegue como para el aterrizaje. La C. A. A., recientemente ha investigado los requerimientos para una velocidad de pérdida definida en los aviones de transporte comerciales. Esto dará, indudablemente, como resultado una mayor velocidad de aterrizaje en el futuro, las más altas características de vuelo llevarán consigo, menos libras por caballo de fuerza, y aunque este hecho supone un descenso en la longitud de pista, tal efecto no se llegará a realizar. La razón de esto es que las altas «perfomances» de los aeroplanos, al objeto de fijar el radio de acción, será caracterizado por una gran diferencia entre el peso de despegue y el de toma. *Los grandes pesos en el despegue requerirán largas pistas para cubrir las condiciones precisas para el citado despegue.*

10. Los aviones propulsados a chorro tienen despegue mucho más pobre que los aviones con motor ortodoxo. Los transportes de propulsión a chorro se perfilan actualmente en el horizonte y es de esperar que estén en servicio dentro de los próximos 5 ó 10 años. Aún a pesar del empleo de medios auxiliares para el despegue, estos transportes «a chorro» requerirán todavía un gran aeropuerto, y los efectos obstructivos serán grandemente incrementados. Aún después de que el citado avión alcance la velocidad de despegue, el impulso que necesita para la subida es todavía bajo comparado con el de un avión de tipo normal. Esta característica requiere considerable distancia en los alrededores del aeropuerto que esté libre de obstáculos para permitir al avión coger la velocidad necesaria.

11. Considerando que podemos, razonablemente, esperar grandes perfeccionamientos en el sistema de aterrizaje en vuelo ciego, es de suponer que el efecto de los obstáculos será de mayor importancia que en el presente. Los aviones habrán de operar dentro y fuera de los aeropuertos, prácticamente sin visibilidad.

No existe marcada inclinación hacia los aviones superpesados. Probablemente se permanecerá por bajo de las 200.000 libras (80.000 Kg.).

12. El tipo del tren de aterrizaje puede distribuir el peso de forma que la misma construcción de pista pueda ser usada.

13. Una mayor carga alar tendería, por sí misma, a la construcción más fuerte de la pista, ya que sin el empleo de los elementos de hipersustentación («flaps», «zaps», alerones), la velocidad media de descenso irá en aumento. Se considera, sin embargo, que el empleo de tales dispositivos tenderá a conservar el ángulo de planeo dentro de los límites actuales. Los tipos de trenes de aterrizaje propuestos, tales como el tipo oruga, pueden suponer un aligeramiento en la construcción de la pista.

El aumento de tamaño del avión necesitará, a no dudar, una más fuerte construcción en la pista. Habrá una inclinación a aumentar la concentración de cargas sobre las ruedas, aun en aviones donde los trenes de múltiples ruedas son empleados. Esto resultará del hecho de que, mientras la velocidad del avión aumenta, llega a ser de gran importancia mantener un tamaño compacto del avión, cuando el tren de ruedas múltiples es empleado. Es difícil efectuar su retracción, dentro del perímetro del avión. El avión Republic «Rainbow», que tiene un peso bruto en el despegue de 116.000 libras (52.664), posee solamente una rueda en cada una de las patas del tren principal de aterrizaje. Según la «perfomance» aumenta, los aviones que ahora tienen un tren de aterrizaje de múltiples ruedas se inclinarán a hacer más compactos estos acondicionamientos con el consiguiente recargo de las pistas.

14. El empleo de trenes de aterrizaje orientables, quizá suponga una reducción en el número y direcciones de las pistas. Esto será, sin embargo, contrapesado por una mayor carga alar y una proyección mayor de las áreas laterales, de forma que no puede esperarse sino reducidas ventajas.

15. *Los aeropuertos deben ser acondicionados para el manejo del tráfico a velocidades muy superiores a las actuales.*

16. El futuro radio de giro de los grandes aviones, probablemente no será reducido apreciablemente; sin embargo, esto puede aumentar la necesidad de cambiar algunas de las prácti-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

cas presentes de atracado y rodado del avión, al objeto de reducir las zonas de carga y rodadura.

17. Creemos que el diseño de los aviones comerciales futuros tiende a que dichos aviones ofrezcan mayores frecuencias de servicios regulares; no serán mayores que los actuales (100 ó 200 pasajeros), sino más bien de un tipo medio con capacidad para 40 ó 60 pasajeros, y una velocidad mayor. Esta alta frecuencia en su regulación requerirá unos perfeccionamientos en los grandes terminales, más pistas y unos medios más rápidos para la descarga de pasajeros y mercancías.

18. *Los más grandes esfuerzos serían aplicados aquí. El manipulado del tráfico está lamentablemente atrasado con respecto a las operaciones de las líneas aéreas y de mantenimiento.*

19. Las estaciones de mantenimiento y reparación de una necesidad para cada línea aérea, mientras, al parecer, sería suficiente *una instalación central de repuesto de combustible* para todas, aunque fuera necesario usar éste en distinta gradación de octano.

20. Si la frecuencia operativa futura aumenta hasta un punto de saturación para cualquier volumen dado de equipo, es muy posible que se empleara un volumen mayor como solución única para aumentar el volumen del tráfico. Varios grandes aeropuertos están actualmente sobrecargados bajo condiciones climatológicas restringidas, debido al número de aviones que han de ser atendidos en su tráfico normal. Esta situación pudiera ser remediada empleando los sistemas actuales de regulación de tráfico, reduciendo el número de unidades en servicio y aumentando su capacidad individual. Esto mismo puede aplicarse en el futuro y con sistemas de regulación del tráfico mejorados, caso de que se llegara al citado punto de saturación.

21. Indudablemente, los helicópteros de tipo privado serán empleados extensamente en servicios de enlace, pero esto no afectará, en manera alguna, a las operaciones del aeropuerto. Los helicópteros para transporte, particularmente desde aeródromos al corazón de las ciudades, serán usados en gran número dentro de los años venideros. Sin embargo, el espacio que necesitarán para sus despegues y tomas será muy reducido. Actualmente su terreno para estos efectos es de cinco a siete veces el diámetro de su rotor, donde los obstáculos circundantes son de 50 pies de altura (15 mts.), o dos o tres veces este diámetro, donde no existen obstáculos alrededor. Así, pues, los campos de aterrizaje para el «S-51», cuyo diámetro de rotor es de 48 pies (14.6 mts.), serán aproximadamente de 250 × 300 pies (80 a 100 mts.), con obstáculos, y de 10 × 150 pies sin ellos.

Como puede observarse, tales opiniones, aparentemente divergentes, coinciden de modo fundamental con el resumen que hemos hecho anteriormente y, por ello, daremos por sentado que en el futuro, no obstante las mayores exigencias en peso y carga alar de los aviones, las longitudes de las pistas no superarán, probablemente, a los 3.000 metros que en la actualidad se vienen recomendando. Lo ideal para la capacidad de los aeropuertos de clase A su resistencia serán superiores a las necesarias para soportar las 135 Tns. correspondientes a las especificaciones máximas con las que actualmente se proyectan. Para lo que sí ha servido la explicación de los diferentes puntos de vista reseñados es para aumentar aún más la actual preocupación de los técnicos en cuanto se refiere a las dificultades que el problema del tráfico en tierra plantea y, que de modo creciente, seguirá planteando a medida que las facilidades del Servicio de Protección de Vuelo aumenten. Y, como vamos a ver a continuación, éste es un problema de la máxima urgencia, por cuanto la velocidad con que aumenta el tráfico ahora es muy grande y no estamos muy lejos del momento en que los atascamientos que actualmente se presentan en los grandes aeropuertos durante las horas de punta lo sean con carácter general durante gran parte del día, creando dificultades definitivas, pues no se resuelven simplemente, como hasta ahora, al pasar los momentos de máxima utilización. En la Figura núm. 1 se reproduce un gráfico de la General Airport Company, relativo al tráfico de pasajeros-milla en los Estados Unidos, y en ella se ve

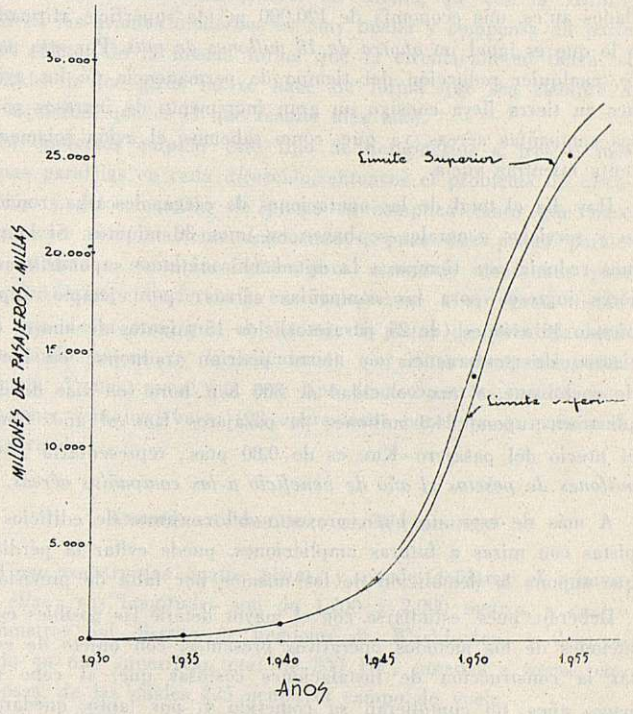


Fig. 1.—*Tráfico de pasajeros--millas en U. S. A. (General Airport Company.)*

claramente la forma logarítmica del crecimiento sin que tal consideración necesite, de posteriores aclaraciones, para comprender nuestra preocupación por lo que tan rápido incremento envuelve. Se trata, pues, en el caso del tráfico en tierra, de un problema no sólo actualmente sin resolver, sino con perspectivas de creciente y rapidísima complicación futura.

Por otra parte, si urgente este problema, no es menos trascendente desde el punto de vista económico, pues habida cuenta del elevado coste del m^2 de superficie afirmada, tanto para las pistas de rodadura como para las zonas de muelles, es evidente que la disminución de estas superficies supone economía.

En números redondos, un aeropuerto de cinco pistas de longitud hasta 3.000 m. exige:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

	De superficie afirmada
Para pista de vuelo...	900.000 m²
» » » rodadura...	370.000 m²
» » » enlace...	50.000 m²
» » » estacionamiento...	240.000 m²
» » » aparcamiento...	150.000 m²
Total	1.710.000 m²

Por consiguiente, una reducción del 25 % de pistas de rodadura y enlace, obtendremos un *ahorro de 15.800.000 ptas.* si suponemos el m² de superficie afirmada a 150,00 ptas.

De igual modo, si por cualquier mejora en los servicios o en la circulación logramos reducir a la mitad el número de muelles necesarios para la carga y descarga, supondría, según los datos dados antes, una economía de 120.000 m² de superficie afirmada, o lo que es igual un *ahorro de 18 millones de ptas.* Por otra parte, cualquier reducción del tiempo de permanencia de los aviones en tierra lleva consigo un gran incremento de ingresos para las compañías aéreas, ya que, como sabemos, el avión solamente renta mientras vuela.

Hoy día el total de las operaciones de carga, descarga, repuesto y servicios generales se hacen en unos 30 minutos. Si logramos reducir este tiempo a la mitad (15 minutos) supondría mejores ingresos para las compañías aéreas; por ejemplo, suponiendo 36 aviones (de 25 pasajeros), los 15 minutos de ahorro de tiempo de permanencia en tierra podrían traducirse en horas de vuelo, que, a una velocidad de 300 Km./hora (en vías de duplicarse), supone 24,3 millones de pasajeros - Km. al año. Como el precio del pasajero - Km. es de 0,80 ptas., representaría *19,44 millones de pesetas al año de beneficio a las compañías aéreas.*

A más de esto, un buen proyecto del conjunto de edificios y pistas con miras a futuras ampliaciones, puede evitar la pérdida que supone la demolición de los mismos por falta de previsión.

Deberán, pues, estudiarse con el mayor detalle las posibles evoluciones de los métodos operativos presentes, con objeto de evitar la construcción de instalaciones costosas que, al cabo de pocos años, no cumplieran su cometido y, por tanto, quedaran sin amortizar.

Con una mejor ordenación del tráfico terrestre podemos además disminuir el número de colisiones en tierra, tanto entre aviones como entre éstos y vehículos, lo cual, aparte de aumentar la seguridad del pasajero, se refleja en una mejora económica importante, dado el elevado precio de los aviones. En el año de 1948, por ejemplo, según datos del C. A. A., sobre un total de 7.980 accidentes ocurridos, nada menos que 2.218 fueron precisamente colisiones con otros objetos, 202 con aparatos en tierra y 44 accidentes a pasajeros con las hélices.

Si de los 7.980 totales restamos los 135 no determinados o clasificados que pudieran ser de una clase u otra, obtenemos la cifra de 32 % como correspondiente al porcentaje de averías sobre el total que pueden ser imputables a la rodadura y organización de los servicios de los aviones.

No hay que insistir en la transcendencia e interés de poder reducir esta cifra.

EJEMPLOS DE AEROPUERTOS MUNDIALES

SOLUCIONES ADOPTADAS EN LOS PRINCIPALES AEROPUERTOS MUNDIALES

En la parte primera de nuestro trabajo hemos pasado revista a las exigencias del tráfico fijando sus necesidades. Cúmplenos ahora, de acuerdo con nuestro plan, estudiar los principales aeropuertos, con objeto de ver la forma en que tales circunstancias han sido tenidas en cuenta y la solución que en cada caso se ha adoptado. La aplicación de las exigencias y datos obtenidos en nuestros apartados anteriores, al aplicarlos a cada una de tales soluciones, puede dar lugar en ocasiones a estudios críticos, sin que esto quiera decir, en forma alguna, que nuestro trabajo equivalga a un enjuiciamiento de los aeropuertos mundiales: nuestra finalidad es tan sólo descriptiva y explicativa.

Ejemplo de aeropuertos con área de edificaciones de acceso abierto (Pistas a un solo lado)

Entre los grandes aeropuertos actuales de este tipo están el Nacional de Wáshington, el de La Guardia de Nueva York, el de Boston y el de Barajas. Según podemos observar, a excepción del último, están construídos en casos para los cuales las condiciones topográficas ejercen gran influencia en la colocación de las pistas.

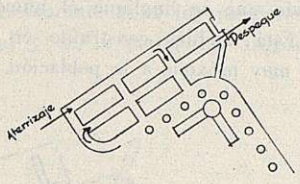
Estos grandes aeropuertos, a excepción del de La Guardia, son de construcción muy reciente y tienen grandes ventajas respecto a otros tipos en cuanto al área de terreno necesario para las pistas, y la colocación de los edificios está, en general, muy centrada respecto a todas las pistas, con lo que obtienen pequeñas distancias de rodadura para los aviones y visibilidad de las pistas desde la torre de Golinns muy buena. Además, la zona de hangares y aparcamiento de aviones está a continuación de la de muelles; esto representa una gran ventaja respecto a otros tipos en los cuales han de atravesar los aviones las pistas para ir desde los muelles a los hangares o estacionamientos y, en tal caso, ha de dirigir la torre de mando al mismo tiempo a los aviones en vuelo que a los de tráfico de hangar en tierra. Los muelles para los aviones de carga de mercancías también pueden estar a continuación de los de pasajeros, sin que tampoco los aviones que los utilicen tengan que atravesar las pistas, y, como el acceso es abierto, podemos hacer llegar a la zona de hangares, industrial o de muelles el ferrocarril y cuantas carreteras necesitemos con toda facilidad, sin necesidad de túneles. Las áreas de aparcamiento de vehículos también pueden ser muy grandes, como vemos en los aeropuertos de Wáshington y de La Guardia, y el edificio terminal y muelles pueden ser centralizados o descentralizados como deseamos, con gran facilidad. Otra ventaja de tener el edificio terminal, muelles, hangares y zona industrial bastante próximas y de disponer junto a ellos de una cantidad de terreno considerable es el alto rendimiento comercial que podemos obtener de aquél por medio de concesiones, que aumentan de valor cuanto más centralización tengamos. En cuanto al avenamiento, que constituye uno de los gastos mayores en la construcción del aeropuerto y en su conservación, en este tipo se facilita grandemente, en la mayoría de los casos.

La capacidad máxima de este tipo de aeropuerto para el caso

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

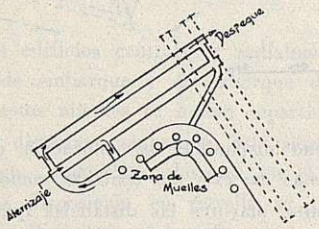
de una sola pista para cada dirección del viento es de 45 operaciones por hora; el número de muelles necesario es de 12 y la circulación en tierra se hace fácilmente; este es el caso del de La Guardia, y la primera fase de construcción de la mayoría de los otros.

En el caso de dos pistas paralelas para cada dirección, que necesariamente tendríamos que colocar una al lado de la otra, la capacidad sería de 60 operaciones por pista, menos el 10 %, debido a la interferencia por tener que pasar los aviones a nivel sobre una de las pistas para llegar a la otra, o sea, alrededor de 108 operaciones por hora, y son necesarios unos 27 muelles. Si a éstos les damos una amplitud de 60 m., necesitaremos 1.620 metros; pero esta longitud, con los nuevos procedimientos del repostado, podrá reducirse a menos de la mitad (por necesi-



tarse mucho menor tiempo de permanencia de los aviones en los muelles) y, si tenemos en cuenta que los aviones de término o de partida no necesitan el repostado, también podemos disminuir esta longitud. Como vemos, el tráfico de 108 operaciones por hora es bastante grande y existirán pocos aeropuertos que precisen mayor capacidad.

En cuanto a la organización del tráfico en estas pistas, parece



lógico que empleemos para pistas de aterrizaje la más próxima a la zona de muelles, con lo que los aviones podrían dejar rápidamente la pista y llegar a aquéllos con un rodaje mínimo, y emplear para pista de despegue la exterior, con lo cual sólo necesitaría pistas de rodadura que fuesen a las cabezas de las mismas. Además, las longitudes de estas dos pistas pueden ser diferentes, adaptada cada una a su función, y el cruce de los aviones que van a despegar con la pista de aterrizaje se haría en un solo punto, en la cabeza de la pista, con lo que sería fácil de regular. Si damos preferencia a los aterrizajes en el caso de interferencia en la cabeza de la pista de aterrizaje, podemos hacer que el entorpecimiento ocasionado por esta causa sea pequeño, situando un área de calentamiento de motores en la cabeza de la pista de despegue, y de esta forma podemos pasar a ésta los aviones en los momentos más oportunos, de forma que entonces pasen varios a la vez, y que allí despeguen en forma más continúa.

La disposición inversa de dejar para pista de aterrizaje la exterior tiene el inconveniente de necesitar más pistas de rodadura y que los puntos de cruce con la pista de despegue pueden ser varios, aunque, en general, ocurrirá que el punto de cruce, por estar situado más al centro de las pistas, será más fácilmente visible desde la torre de mando. Creemos más lógico emplear la primera solución, aunque si seguimos la recomendación de las normas francesas, según las cuales para el caso de dos pistas paralelas, una al lado de la otra, de que «para un observador de cara al viento la pista de aterrizaje ha de estar a la derecha», entonces será necesario emplear las dos soluciones, según el sentido del viento. Esta recomendación, que obedece más bien a causas psicológicas, no creemos tenga suficiente importancia para tenerla en cuenta, ya que la visibilidad en los aviones modernos es muy buena y compensa en parte este efecto. De la misma forma que la circulación en tierra, el sentido de los giros no se hace de forma que sea siempre a la izquierda, que es el que resulta más fácil.

Si queremos ampliar este tipo de aeropuertos a tres o más pistas paralelas en cada dirección, entonces el problema de circulación y de colocación de pistas se complica tanto que hace que sean completamente inadecuados, pues dos pistas paralelas utilizadas simultáneamente para aterrizaje necesitan, para que no exista interferencia en vuelo, estar a tan gran distancia una de la otra, que el sistema de pistas de rodadura sería demasiado extenso y la circulación por éstas demasiado complicada. Vemos, pues, que este tipo de aeropuertos resulta notablemente ventajoso hasta 108 operaciones por hora, y, para más, inadecuado.

Aeropuerto nacional de Wáshington

Tiene construídas cuatro pistas, y puede doblarse el número de ellas; sus longitudes son de 1.200 a 2.000 metros, a cuatro kilómetros del distrito de negocios de Wáshington, y desarrollado en una superficie total de 300 Ha., ganadas a zonas pantanosas, de las cuales 225 ocupa el campo de vuelo.

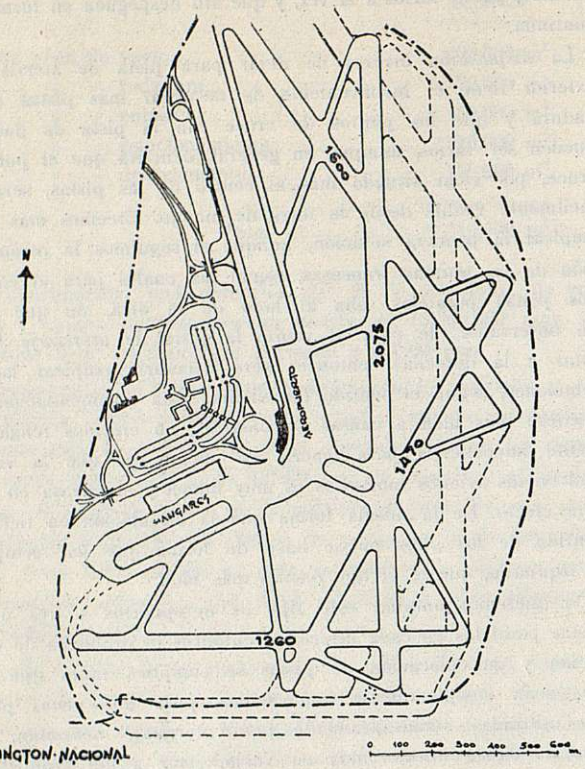
Dentro de las limitaciones impuestas a la colocación de las pistas, por estar el área de muelles bastante centrada respecto a ellas, es corto el camino en pistas de rodadura, sobre todo, en el aterrizaje. El área de hangares está a continuación de la de muelles y presenta la ventaja indicada anteriormente. El tráfico de vehículos en el aeropuerto es unidireccional, y para aquéllos se ha provisto de zonas muy amplias para aparcamiento.

Aeropuerto de La Guardia, en Nueva York

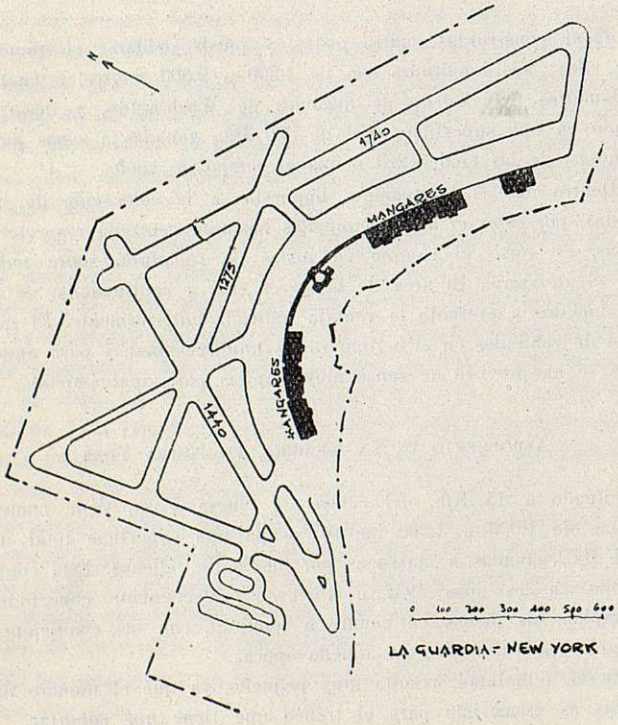
Situado a 15 Km. del centro de Nueva York, tiene cuatro pistas de 1.000 a 1.800 metros, ocupa una superficie total de 225 Ha., ganadas a marismas por medio de rellenos. Está construído en los años 1937 a 1939, y perfectamente concebido. Cumplen sus pistas, en cuanto a longitud, con las condiciones exigidas por el tráfico en aquella época.

En la actualidad, resulta muy pequeño, ya que el número de pistas es escasísimo para el tráfico que tiene que soportar.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO



El conjunto de construcciones, talleres, estación central, iluminación del aeropuerto, así como la mayoría de los servicios que posee, pueden ponerse como modelo en el mundo, por su perfección.

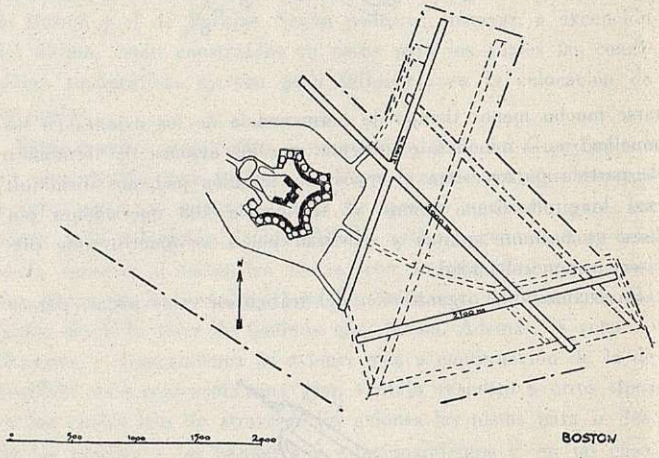


Los únicos inconvenientes que pueden notarse en él son, en primer lugar, los medianos sectores de aproximación en alguna de sus direcciones, y, en segundo lugar, que está construído en un sitio donde se producen asientos de terrenos, que originan desperfectos, tanto en la superficie del aeropuerto, como en las edificaciones.

Como podemos ver en la figura, la posición del edificio terminal respecto a las pistas está bastante centrada, y es muy bueno el aprovechamiento del terreno disponible para la colocación de las pistas. También dispone de amplia zona para el aparcamiento de vehículos.

Aeropuerto de Boston

Tendrá tres pistas de 2.100 a 2.300 metros, que forman, unas con otras, ángulos de aproximadamente 60°, con posibilidad de ampliación, de modo que se duplique el número de pistas en todas direcciones. Está también construído en terrenos robados a marismas, y está muy próximo a la población. Debido a la disposición del terreno disponible, la colocación de los edificios respecto de las pistas no está tan centrada como en los anteriores, y son, por tanto, mayores las distancias que han de correr los aviones desde las pistas a los muelles. El número de éstos es de 36, de modo que superan el previsto, generalmente, de un cuarto del número de operaciones que pueda admitir la pista.



Aeropuerto de Buenos Aires

Descripción del aeropuerto en proyecto

Disposición general del conjunto de pistas.—El proyecto general del Aeropuerto internacional de Ezeiza se inspira en conceptos de los especialistas de Estados Unidos, y está fundado sobre un sistema de disposición tangencial de las pistas.

El proyecto se realiza en dos etapas sucesivas.

Primera etapa.—Lleva consigo la construcción de tres pares de pistas paralelas, de 2.000 m. de longitud y 75 m. de ancho, y un espesor suficiente para soportar una carga de 50 Tn. por grupo de ruedas de aterrizaje. Se espera que este plan permita

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

efectuar 120 operaciones de aviones por hora. (Véase la figura siguiente.)

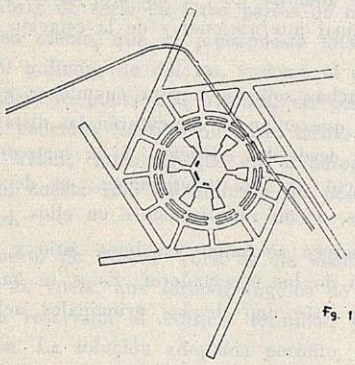
Segunda etapa.—Comprende la construcción de otras seis pistas, es decir, un total de 12 pistas dispuestas con sistema tangencial.

Las operaciones posibles serán entonces de 360 por hora, como máximo.

El conjunto del aeropuerto se construye en terreno sólido y permeable, que no necesita grandes trabajos de preparación.

Estación terminal.—Está situada, como muestra la figura, en el centro de una plataforma circular de cemento de 700 m. de radio, a la cual convergen las pistas de rodadura que van a las pistas de despeque y de aterrizaje.

Está compuesta por seis edificios centrales, en los cuales irán instalados la dirección del aeropuerto, los servicios técnicos (radio, meteorología, incendios, etc....), las salas de pilotos, el hotel y el restaurante para los pasajeros. En el centro del edificio principal y en la plataforma superior, va la torre de mando.



Fg. 1

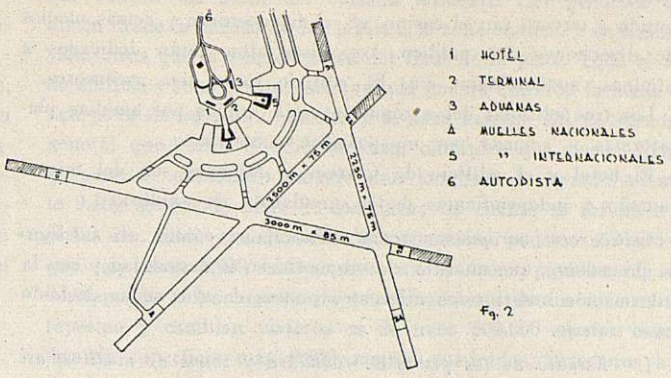
Alrededor de los edificios centrales y radialmente, se encuentran los muelles de embarque y desembarque de pasajeros. A todo lo largo de estos muelles se hallan repartidas las oficinas de tráfico de las distintas compañías, así como las Aduanas, Policía, Sanidad, etc., solamente, claro es, en el terminal internacional. Con esta disposición en estrella se procura atender a las posibles intensificaciones del tráfico.

Descripción del aeropuerto en la actualidad.—El Aeropuerto de Ezeiza e halla a 32 Kms. de Buenos Aires, y ocupa 6.700 hectáreas de superficie. Cuenta en la actualidad con tres pistas de pavimento flexible.

Dos de ellas son de 70 m. de ancho por 2.200 de largo, para grandes aviones, y la otra de 80 m. de ancho por 2.800 de largo, para aparatos de hasta 150 Tn. La disposición general se puede ver en las dos figuras que siguen.

Lleva, asimismo, ocho hangares, un edificio administrativo de cinco pisos, un hotel con 90 habitaciones y los edificios para el correo y carga. Están construídos dos muelles terminales, uno nacional y otro internacional, completamente separados.

No existe salón central y hay completa separación entre pasajeros y público. Asimismo, están separados los pasajeros de llegada y los de salida. El público tiene para sí una plataforma de unos 600 m. de diámetro.



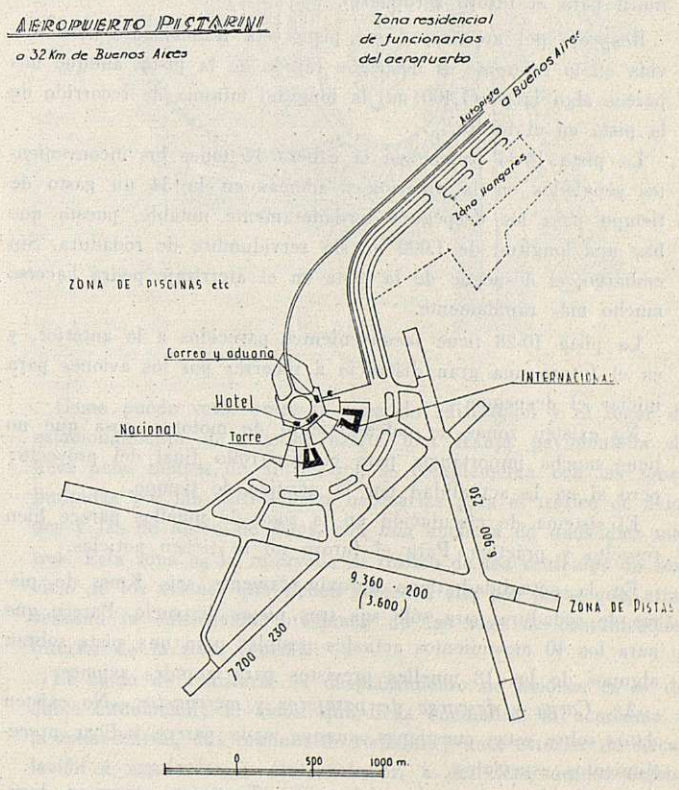
Fg. 2

Cada edificio insonorizado posee aire acondicionado y está provisto con ventanas dobles.

Tiene tres torres de mando. La principal, en lo alto del edificio administrativo y, como desde ésta no se ve la totalidad del campo, las otras dos están montadas en los muelles terminales y sirven únicamente para dirigir la circulación en tierra.

El terminal internacional (como se ve en las figuras) tiene muelles en tres lados, capaces para alojar nueve de los más grandes aviones. Cada muelle de éstos tiene sus propias Aduana y Policía. Estas unidades están unidas entre sí por el interior y poseen un bar para cada tres unidades.

El edificio administrativo tiene, en la planta baja, los contadores de billetes, separados por completo de la circulación de



Tendrá una pista especial para prueba de aviones

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

pasajeros. Las cocinas se hallan en los sótanos. En los pisos segundo y tercero van el casino, el «club» nocturno y demás medios de diversiones del público. Los pisos altos están dedicados a oficinas, meteorología, etc. El edificio tiene diez ascensores.

Los tres edificios del aeropuerto están unidos por amplias plataformas y además por un pasadizo subterráneo.

El hotel y el edificio de Correos y Aduanas son del mismo tamaño e independientes de la circulación de público.

Crítica del aeropuerto actual.—Estudiamos ahora en la figura precedente, que muestra el aeropuerto en la actualidad y con la información anterior los diferentes puntos en que se ha dividido este trabajo.

1.º *Estudio de las pistas de rodadura y zonas de muelles, así como la circulación por las mismas.*—Debido a ser parte integrante de su sistema tangencial, del cual sólo se han construído tres pistas y, por lo tanto, cada una de ellas ha de ser usada por el aterrizaje y despegue simultáneamente, existe el defecto del acceso a las cabezas de pistas más lejanas a la zona central.

Así, vemos que solamente se ha construído una pista de rodadura de esta clase que va a la pista 4. De esta forma ella es la única relativamente bien servida (debido a las prolongaciones de las cabezas de pista 250 y 300 metros que, evidentemente, retrasarán las operaciones de despegue). Esta necesaria construcción por etapas puede ser un gran inconveniente para el sistema tangencial, so pena de construir por pares paralelos las pistas de vuelo: Así la pista 4-22 en la actualidad no es atacada por pistas de rodadura en ninguna de sus cabezas, lo que dificulta el despegue y además la construída, que sirve la entrada 4, al pasar al sistema tangencial sobrará y, por lo tanto, es un gasto inútil para el futuro aeropuerto.

Respecto del aterrizaje, esta pista está francamente bien servida en lo referente al despegue rápido de la pista, aunque nos parece algo largo (1.400 m.) la longitud mínima de recorrido de la pista en el futuro.

La pista 16-34 padece en la cabeza 16 todos los inconvenientes señalados en la anterior y además en la 34 un gasto de tiempo para los despegues verdaderamente notable, puesto que hay una longitud de 1.000 m. sin servidumbre de rodadura. Sin embargo, el despegue de la pista en el aterrizaje podrá hacerse mucho más rápidamente.

La pista 10-28 tiene inconvenientes parecidos a la anterior, y en el futuro una gran distancia a recorrer por los aviones para iniciar el despegue.

No existen zonas de calentamiento de motores, cosa que no tiene mucha importancia para el desarrollo final del proyecto; pero sí en la actualidad por la pérdida de tiempo.

El sistema de circulación en la zona de muelles parece bien resuelto y práctico. Para el futuro no se tienen noticias.

En la actualidad tiene aproximadamente seis Kms. de pistas de rodadura para sólo sus tres pistas de vuelo. Parece que para los 40 movimientos actuales posibles para una pista sobran algunos de los 18 muelles previstos para grandes aviones.

2.º *Carga y descarga de pasajeros y mercancías.*—No existen datos sobre estas cuestiones, aunque nada parece indicar procedimientos especiales.

3.º *Servicios generales del avión.*—Tampoco poseemos documentación sobre esta cuestión.

4.º *Tráfico de vehículos.*—El tráfico de coches del edificio terminal a los muelles parece bien resuelto por medio de espaciosas calzadas sin interferencia con ninguna otra clase de circulación.

La zona de aparcamiento de vehículos no parece bien resuelta, si no se tiene en cuenta el proyecto final del aeropuerto.

La carretera de acceso parece perfecta.

5.º *Movimiento de pasajeros y tripulaciones.*—El tráfico nacional queda muy bien resuelto, al evitar su paso por el edificio terminal. No así el internacional, que está obligado a recorrer 500 m. para llegar a las aduanas y policía y, aunque se lograse un buen servicio de coches, siempre traerían un retraso de tiempo estas paradas.

Las tripulaciones tampoco tienen a mano los servicios de meteorología (que se encuentra en el edificio terminal), pero sí las oficinas de las distintas compañías.

Tiene este aeropuerto la gran ventaja de evitar el cruce con los espectadores de todas las circulaciones que existen en el mismo.

6.º Los edificios existentes parecen muy bien situados si exceptuamos el de aduanas que, a nuestro juicio, está demasiado alejado del terminal internacional y de la estación terminal, conjuntamente.

No se ven muchas soluciones para cuando se ejecute el plan completo, puesto que entonces aumentarán las distancias a los diferentes muelles desde los edificios. A la meteorología le falta un mayor contacto con las tripulaciones; es decir, más cercana a los muelles, o con ramificaciones en ellos.

Las tiendas parece se hallan en buen sitio y solamente necesitarían acceso de los espectadores. Estos se hallan acoplados muy bien, y es éste uno de los principales aciertos de este aeropuerto.

Su zona de aparcamiento de vehículos se halla lejísimo de los muelles, y en el proyecto final tendrá que desaparecer de su lugar actual, sin que parezca tener muy buena solución.

7.º *Emplazamiento del grupo industrial.*—A este grupo se le ha dado gran importancia, incluso se ha pensado en dotarlo de una pista exclusiva para la prueba de aviones en revisión.

Esto parece ideal, siempre que se le pueda adjudicar a dicha pista un buen rendimiento.

Los hangares se hallan a buena distancia, en bastante cantidad y bien comunicados con la zona del aeropuerto en sí.

8.º *Influencia sobre las pistas de vuelo.*—Como en todo sistema tangencial se ha buscado la posición central de los edificios con respecto a las pistas de vuelo.

Ahora bien, como este proyecto está sólo iniciado, la situación no es tan perfecta como debiera, pues hay cabezas de pista bastante alejadas de los muelles.

Ya hemos visto que las pistas de rodadura, que parecen mínimas en el sistema tangencial, aquí han de aumentarse, debido a la construcción en etapas.

Resumen.—Parece ser la consecuencia del estudio de este aeropuerto, el que, debido a ser una primera etapa de un tangencial, tiene bastantes defectos no como sistema en sí, sino como punto de transición. Por lo tanto, no parece propia la construcción de un aeropuerto tangencial por este sistema.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Amortización.—El aeropuerto de Ezeiza está construído y concluído con lujo extraordinario. Existe el proyecto de amortizarlo por medio de un casino de juego.

Esto, que a primera vista parece una buena idea, no lo es, debido a que no se explota el fundamento del aeropuerto en sí, que es el vuelo y su espectáculo; sino otra cosa completamente ajena a él y que, por tanto, no tiene motivo de centrarse en el aeropuerto. Es decir, se puede afirmar que el aeropuerto, contra lo que se asegura, no renta, pues esto lo hace una industria que viviría allí aun a pesar de que no existiese el aeropuerto.

Aeropuerto internacional de Idlewild, Nueva York

Introducción.—Al analizar el aeropuerto de Nueva York en relación con los problemas que puedan crear las circulaciones, hay que advertir de antemano que en él es posible se encuentren desde el punto de vista operativo las mejores soluciones en cuanto a la circulación y servicios se refiera; pero se ve que en su construcción el factor económico no ha sido más que uno de tantos del proyecto sin importancia decisiva, como necesariamente habría de serlo en otros países de menor riqueza. Consideremos, en efecto, que el presupuesto total para Idlewild es de unos 200 millones de dólares, y como el aeropuerto absorberá en la hora de punta 360 aviones, en pesetas, de un modo aproximado, podemos calcular un gasto medio de 22 millones de pesetas por avión; mientras que en el aeropuerto de Londres, por ejemplo, cuesta sólo 10 millones de pesetas, por avión de su capacidad.

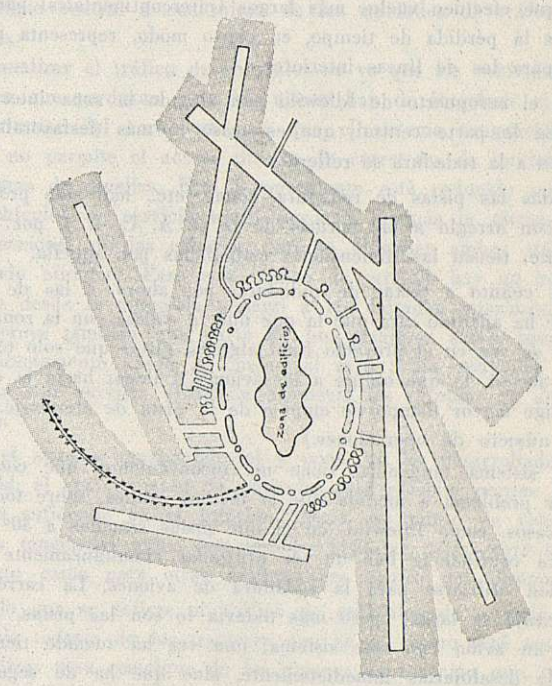
El aeropuerto de Nueva York es de sistema tangencial con doce pistas de vuelo, que forman ángulos de 30° y que envuelven el área reservada al edificio terminal, y servicios generales del avión. La solución adoptada permite, en los más de los días, la utilización simultánea de tres pistas para aterrizaje y tres para despegue con aviones pesados, para los cuales, con viento lateral relativamente fuerte, es posible la utilización.

Este sistema, en principio bueno, tiene el inconveniente de que los aviones que toman tierra simultáneamente siguen trayectorias convergentes, lo que con mal tiempo puede causar accidentes, en las últimas partes de la pista por aterrizajes no hechos, desvíos, etc. Es de esperar que tanto los pilotos como las ayudas-radio sean bastante capaces para compensar en parte esta deficiencia: así lo estimaron los técnicos de Nueva York y, por ello, lo adoptaron no sin seria controversia.

Las pistas de vuelo se han situado de forma que en tierra no se interfieran unas a otras y envuelven una superficie de 1.200 metros de ancho por 2.100 de larga, en donde se prevén todas las edificaciones.

El sistema de desarrollo del área central en forma de elipse lobulada presenta un mayor desarrollo de cancha descentralizando toda la circulación de aviones y coches de servicio; prevé así los atascos en las circulaciones, aunque encarece mucho la construcción, debido a que también tiene que descentralizar todos los servicios.

1) *Estudio de las pistas de rodadura, zonas de muelle, circulación.*—Las pistas de rodadura son de dos tipos: las que conducen a la zona central propias de salida de las pistas de vuelo y las que rodean las áreas del edificio terminal. Las primeras conducen desde la cabeza de las pistas a la zona central, y se han previsto otras que arranquen antes del final de la pista. Toda el área de edificio y zona central está rodeada por un cinturón formado por una pista de rodadura exterior y la zona externa del pavimentado general que rodea el edificio; este cinturón, que puede llamarse pista de circulación, arroja una longitud de aproximadamente 9.400 metros de pista de rodadura; en cuanto se refiere a las pistas de acceso en primera aproximación, podemos considerar que hay unos 4.900 metros de pista. La zona pavimentada que corresponde a los lugares de estacionamiento de los aviones que repostan y cambian viajeros es de unos 600.000 metros cuadrados de superficie más 9.600 metros cuadrados, exteriores a la cancha central para aparcamiento de aviones. Con esta superficie se tienen 86 posiciones en zona de muelles para aviones de tránsito, más 45 posiciones de aparcamiento fuera de la zona de muelles.



Como puede verse entre la zona de edificación y el lugar de estacionamiento de aviones existe una franja pavimentada de unos ocho metros de ancho que se complementa con las zonas limitadas por las edificaciones necesarias para el tráfico de aviones y las de unión de éstas, con una anchura de unos diez metros. Esta zona es la reservada al tráfico de los vehículos de servicio de los aviones que tienen acceso a ella por pasos que, atravesando la edificación, provienen de las vías de comunicación interior de la zona central.

El modo de realizarse el desplazamiento de aviones es el de doble circulación; el avión que llega encuentra, al acercarse a la zona central, dos caminos de rodadura; uno, exterior de circulación a izquierdas, y otro, interior, a derechas, unidos ambos caminos con franjas de paso que distan unas de otras, como máximo, 90 metros. Estos pasos son de una sola dirección y,

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

según el lugar en que esté colocado el avión, su sitio de estacionamiento tomará una u otra pista de rodadura sin posibilidad de que pueda cruzar el camino de otro avión, con lo que se prevén posibles colisiones y atascos en la circulación. El avión llega a su posición, reposta, cambia el pasaje, etc., y para reemprender el vuelo ha de situarse en las pistas de despegue al otro lado de la edificación central recorriendo en total unos dos kilómetros, por la pista de rodadura, desde que llega a la cabeza de la pista de aterrizaje hasta que sale por la de despegue. Este es uno de los grandes inconvenientes que a primera vista pueden atribuirse al sistema tangencial desarrollado en las proporciones en que lo está el aeropuerto de Idlewild. El kilómetro de rodadura es una cosa cara, tanto por el desgaste del avión, que no está hecho para rodar, como por la pérdida de tiempo que representa dicha rodadura. En cierto modo esto puede ser compensado en una acertada distribución de las zonas reservadas a un tráfico determinado: por ejemplo, situando en los lugares en que probablemente hayan de rodar aquellos aviones que efectúen vuelos más largos (intercontinentales) para los cuales la pérdida de tiempo, en cierto modo, representa menos que para los de líneas interiores.

En el aeropuerto de Idlewild han situado la zona internacional en la parte central, que es acaso lo más desfavorable en cuanto a la rodadura se refiere.

Todas las pistas de rodadura, zonas, etc., han sido proyectadas con arreglo a las normas de la O. A. C. I. y, por consiguiente, tienen las dimensiones estipuladas por aquélla.

En cuanto a pistas de rodadura, por ahora, a las de vuelo no se ha añadido otra que la que une la cabeza con la zona central; se ven en el proyecto final algunas pistas que sólo tendrán este acceso, lo que obliga a los aviones a llegar hasta la cabeza y exige mayor tiempo de empleo de la pista de aterrizaje. (Menor número de operaciones.)

El sistema tangencial tiene un inconveniente, que comienza a ser problema a medida que la técnica avanza, sobre todo, en los casos, como Idlewild, en el que pistas situadas a 30° y en franca confluencia han de ser utilizadas simultáneamente y no pueden utilizarse para la rodadura de aviones. La carrera de aterrizaje es larga; pero más todavía lo son las pistas, por lo que un avión con este sistema, una vez ha tomado tierra no puede desalojarlas inmediatamente, sino que ha de seguir rodando hasta la cabeza de la misma imposibilitando su utilización durante este tiempo y restándole rendimiento, en forma apreciable. El problema se agrava con el desarrollo de las hélices de paso reversible, que según vimos, reducen la carrera todavía más. En este caso si fuera posible dar salida fácil al avión de la pista general, el rendimiento aumentaría de forma considerable; por el contrario, con este sistema de aeropuerto no hay posibilidad de utilizar tan singular ventaja de la hélice de paso reversible.

Las áreas de acondicionamiento son suficientes para el tráfico del aeropuerto, ya que, según se ha indicado en el desarrollo del punto 2 se necesitan 1/3 del número de aviones/hora en posiciones, lo que da para un máximo de 360 aviones hora una necesidad de 120 posiciones. Se han previsto 131 posiciones. Hay que notar que en el área de muelles sólo tenemos 86 posiciones, o sea que solamente tendrán acceso a los muelles de tránsito 258 aviones/hora, calculando en veinte minutos el estacionamiento de un avión; pero es de esperar, sobre todo, en aviones de tráfico nacional, que el tiempo de utilización de los muelles de embarque sea menor.

La situación relativa de los lugares de estacionamiento puede estimarse como realmente buena. En realidad, cada avión entra y sale de su posición perpendicularmente a la línea de estacionamiento, por lo que las interferencias se reducen a un mínimo y puede decirse, en forma extrema, que cada avión tiene su pista de rodadura particular.

Quedan suprimidas en este sistema las pistas de rodadura situadas paralelamente a las pistas de vuelo para unir el otro extremo de pista, lo que obliga a una sola operación (despegue o aterrizaje) en la utilización de la misma.

También tiene el inconveniente de que, debido a las confluencias de las pistas de vuelo, las condiciones de bandas de pistas dejan de cumplirse en las uniones. Ésta es una de las fuertes razones que oponían los ingenieros de la Municipalidad de Nueva York para la adopción del sistema tangencial.

El estacionamiento de los aviones y el espacio reservado a ello permite ampliamente la circulación de los vehículos que hacen los servicios del avión; pero se ve, en principio, que esta circulación corta el camino de los viajeros, cosa inevitable, dado que ambas circulaciones se verifican al mismo nivel. Para que interfieran lo menos posible hay que disponer todos los pasos de vehículos que se puedan de la circulación interior a la de cancha. Cuando el aeropuerto funcione con todos sus servicios, la circulación de vehículos estará reducida con la consiguiente eliminación de esta desventaja.

2) *Carga y descarga de pasajeros y mercancías.*—El pasajero se encuentra en su última etapa lo bastante cerca para dirigirse a pie de su sitio hasta el avión. Esto, en primera providencia, no es una solución, dado que ya en la actualidad, y más a medida que avance la técnica, se vuela con toda clase de tiempo y no se puede aspirar a que el viajero recorra 100 metros bajo la lluvia o la nieve. Ello, naturalmente, está sin resolver en este aeropuerto y tan sólo para simplificar el tráfico no solamente de vehículos, sino también las escalerillas portátiles y personal a pie, propuso la Eliglit Dispatch Service Inc. un coche que se arrima al avión y que es, en sí, vehículo-escalera de acceso, y lleva las maletas y los servicios generales del avión, meteorología, hojas de ruta, etc.

En cuanto a la carga de mercancías propiamente dicha (se utilizan los tractores con plataformas-ascensor) hay que hacer notar que estos servicios juntos con otros del avión han sido contratados para su verificación por la compañía Fliglit Dispatch Services Inc. que paga, por ello al aeropuerto, una renta del 5 por % de sus ingresos con un mínimo de 372 dólares anuales.

3) *Servicios generales del avión.*—En este aeropuerto nada puede decirse en definitiva respecto del modo en que van a ser realizados los distintos servicios del avión; solamente pueden marcarse las tendencias que actualmente existen hacia el modo de resolver el problema.

Primeramente, en cuanto se refiere a la particularidad del problema del servicio del avión, el aeropuerto no lo toma a su cargo directamente, sino que cede su explotación a compañías formadas a tal efecto. Así, los servicios propios del avión, ex-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

cepto las de lavado y acondicionado que los de la Fliglit Dispatch S., los tiene contratados la Willis Air Service Inc. que paga al aeropuerto por ello el 5 % de los ingresos con un mínimo de 42.196 dólares, y la cual tiene, a su vez, contratos con compañías suministradoras de combustible. El mantenimiento de aparatos e instrumentos de navegación lo tiene contratado la Corner Of Sailor Aircraft Service Inc., que paga igualmente el 5 % de ingresos con un mínimo de 41.456 dólares.

De esta forma, la dirección del aeropuerto elude el mantenimiento directo de los servicios que, al estar confiados a empresas particulares, estarán más atendidos y así se asegura un ingreso.

Se prevé la instalación de galerías de servicio por donde se llevarán las distintas canalizaciones. En cuanto se refiere a servicios, tales como el agua de incendios, se está haciendo por medio de una instalación de tubería a presión de 7 Km/m^2 con tubos de 70 a 90 cm. y un gasto de 110 m^3 y una instalación para usos diversos, tal como limpieza de 3 Kg/m^2.

Para el servicio de incendios, en cuanto se refiere a los de gasolina y carburantes, nada se ha hecho todavía sobre instalaciones fijas; en la actualidad se emplean sólo vehículos.

Para el suministro de combustibles se prevé la instalación de cuatro canalizaciones distintas para las varias calidades de combustibles; estas canalizaciones serán usadas por los abastecedores elegidos por las compañías. La distribución estará asegurada por una compañía constituída por las cuatro principales abastecedoras.

Las instalaciones de almacenamiento de carburantes están previstas con seis depósitos de 120.000 litros en la zona Oeste del aeropuerto, con catorce depósitos suplementarios.

En cuanto al aire acondicionado se refiere, no se tiene noticias concretas de cómo se va a organizar el servicio; tan sólo que éste está a cargo de la Fliglit Dispatch S. Es posible, dados los volúmenes que hay que manejar, que le sean necesarias instalaciones fijas en las galerías de servicios.

En todos los servicios puede verse la tendencia a realizarlo por medio de galerías, con el fin de eliminar, en la medida de lo posible, la circulación en cancha y el número tan enorme de vehículos que serían necesarios. La solución, en principio, no parece muy económica porque el sistema de descentralización que supone el aeropuerto Idlewild requiere un desarrollo grande de las citadas galerías, pero bien analizada lo es, pues basta pensar, por ejemplo, que en el caso de dar el combustible por medio de vehículos, supondría una verdadera caravana de ellos en las horas de punta del tráfico (360 aviones/hora), y que además no podrían cargar gasolina más que en la zona central, lo que interfiere con el tráfico vehicular exterior y obliga a tener, dentro de la citada zona, una instalación de carga que trajese la gasolina desde los depósitos situados fuera de esta zona complicando en forma externa la circulación y abastecimiento.

4) *Tráfico de vehículos.*—El tráfico de vehículos en un aeropuerto de la categoría del de Idlewild reviste particular importancia, debido al número necesario en la hora de punta.

Al analizar el tráfico interior del aeropuerto hemos de pensar, ante todo, en los vehículos del servicio de avión; pero este tráfico, que tanta importancia adquiere cuando el servicio del avión se realiza con vehículos, queda reducido a un mínimo frente al anterior, al realizar los servicios por medio de las galerías, las cuales, además, es imprecindible utilizar, dado que la solución de dar el servicio con vehículos es inaceptable (baste pensar que, teóricamente, para los 360 aviones de la hora de punta, serían necesarios unos 1.200 vehículos, que además de su gasto inicial y operativo enorme crearían en la circulación interior dificultades insuperables).

Con el sistema tangencial utilizado en Idlewild, descentralizado en los últimos momentos, se obliga a un tráfico intenso dentro de la zona central que no puede resolverse más que con vehículos. El tráfico interior se ha resuelto por un sistema de calzadas con doble circulación que enlaza todos los puntos del área central.

Este sistema ha sido estudiado de forma que no pueda interferirse con otros vehículos, pues circulan en una única dirección y, por consiguiente, pueden hacerlo a velocidad suficiente para que las calzadas puedan absorberlo.

Un sistema de autobuses de servicio interior conduce desde el edificio central a cualquiera de las unidades de tráfico de aviones.

Al analizar el tráfico de vehículos se ve que los vehículos de servicio que perduran para los viones han de interferir el tráfico interior del aeropuerto, ya que el sistema tangencial de pistas no permite el acceso directo de carreteras de servicios a las zonas de muelles. Este inconveniente está reducido porque los vehículos de servicio serán pocos y además la circulación unidireccional de las calzadas permite absorber ambos tráficos de modo eficiente. Para este tráfico de servicio hay un acceso directo desde la autopista general a las calzadas interiores.

Se prevé también que parte de los pasajeros serán conducidos directamente desde la ciudad al avión; los vehículos que realicen este servicio utilizarán asimismo las calzadas de acceso directo.

En el sistema tangencial, tal y como se ha desarrollado en Idlewild, el aparcamiento de vehículos está resuelto porque deja espacio suficiente en el interior. Desde ese punto de vista el sistema tangencial reúne inmejorables ventajas, tanto para aparcamiento como para otras edificaciones dentro del aeropuerto.

En lo que se refiere al tráfico de vehículos de servicio, no se habla todavía de los tractores que en el futuro será necesario utilizar para remolque de los aviones de reacción que, como ya sabemos, no pueden moverse por sus propios medios, debido al escaso rendimiento de los propulsores de chorro en los vehículos de rodadura. Es posible que ello venga a plantear un problema no ya en la circulación del vehículo, sino en la del avión que en principio ha de ser un tanto lenta, cuando va remolcado. Habrá que desarrollar nuevos tractores y utilizar conductores especializados, lo que quizá influya en la construcción del avión. El problema aparece también al pensar por dónde van a circular estos tractores y cuál será la velocidad que se conseguirá (velocidad económica) para el momento en que sean puestos en servicio estos aviones, con buen rendimiento de las pistas de vuelo.

5) *Movimiento de pasajeros y tripulaciones.*—El sistema tangencial, como ya hemos hecho notar, exige una descentralización en lo que se refiere al avión que no solamente impone el sistema, sino también el volumen de tráfico. Si todos los servicios del aeropuetro se descentralizaran poniendo en cada grupo

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

de tráfico sus servicios, para un volumen como el de Idlewild, la cantidad de personal necesaria para atenderlo sería grande y, además, el público como fuente de ingresos se dispersaría; por ello, el sistema tiende inicialmente a centralizar con el fin, primero, de unificar los servicios tales como expedición de billetes, inspección general de viajeros, etc., y además crear un fuerte núcleo de público que dé vida a unas concesiones de tipo comercial de las cuales piensa el aeropuerto obtener beneficios.

El pasajero, junto con los visitantes, llega al aeropuerto por el mismo camino, pasando por la planta de circulación, en donde el primero adquiere los billetes, y los otros discurren por la zona de las concesiones.

En particular, el público que va a tomar un avión viene de la ciudad en autobús, llega al edificio central, obtiene su billete y vuelve a tomar el vehículo de circulación interior, que lo lleva a la posición correspondiente. Desde el punto de vista de la aviación que, por su modo de ser, exige comodidad para el pasajero, esta solución es evidentemente mala, primero, porque la excesiva centralización hace que en las horas de punta del tráfico en esta zona esté demasiado concurrida, con las consiguientes aglomeraciones frente a los despachos de billetes, el excesivo público y demás circunstancias que quitan la comodidad, aunque sólo sea subjetivamente; junto a esto, el pasajero ha de hacer una parada intermedia de la ciudad al avión, lo que se traduce en dos esperas de autobús, dos trayectos distintos con sus cambios, evidentemente incómodos y que sólo puede justificar el alto rendimiento económico para el aeropuerto que se espera con esta centralización.

En el programa propuesto para el desarrollo del aeropuerto, figura también, en contraposición a lo anteriormente dicho, una estación terminal en el centro de Manhathan, desde la cual saldrán autobuses que conducirán directamente a los pasajeros desde allí hasta la posición para tomar el avión; esta solución es la más lógica y es posible sea empleada en el tráfico nacional.

6) *Estudio de las edificaciones, distribución, aparcamiento, etc.* En el estudio del aeropuerto de Idlewild, sistema tangencial, se ha tenido muy en cuenta esta parte del mismo; ello es debido a que, por la particularidad del sistema, las edificaciones y servicios quedan, por decirlo así, encerradas dentro de lo que constituye el conjunto de las pistas de vuelo y, por consiguiente, hay que estudiar ampliamente todo lo que conviene a esta zona.

Los requisitos, de que se habló al desarrollar independientemente esta cuestión, puede decirse que están cumplidos, aunque quizás no muy económicamente. Puede verse que la extensión existente dentro de la zona de vuelo es más que suficiente para cualquier ampliación, y puede asegurarse que antes se agotará la capacidad de las pistas que la posibilidad de una ampliación en la zona edificable en todos sus aspectos de extensión de edificios, carreteras y zonas de aparcamiento. Igualmente cumple la condición de la conveniente solución de servicios, tanto en lo que se refiere a la situación central, instalaciones y orientaciones. Del terreno nada puede decirse; las autoridades de Nueva York no podían elegir mucho y tuvieron que crear un aeropuerto en una marisma, cambiando, avenando y haciendo firme un terreno que no lo era. Aunque económicamente parezca un gasto excesivo, no lo es, debido a la situación en que tal terreno se encuentra y que compensa, con mucho, el gasto inicial.

Extensión.—Las condiciones de extensión están ampliamente cumplidas en todas las zonas próximas al avión; no se ha escatimado gasto con el fin de que todas sus partes cumplan su objeto sin trabas ni posibilidad de quedar insuficientes; tan sólo podría parecer pequeño el edificio central, y no lo es, porque se prevé que, en horas de máximo tráfico, éste podrá realizarse sin que parte del mismo pase por el edificio; aprovecha así las ventajas de los sistemas centralizados y descentralizados, y puede, en cierto modo, la Dirección del aeropuerto graduar a voluntad el tráfico de viajeros.

El estudio de Idlewild permite, además, un buen desarrollo por fases, dado que puede comenzarse cuando ya el volumen sea insuficiente con las construcciones descentralizadas que momentáneamente han resuelto los problemas, para llegar finalmente a la construcción del edificio central.

Flexibilidad tienen también las edificaciones, por cuanto pueden extenderse en cualquier sentido, dado que el lugar para expansión, en cierto modo, abunda. La sencillez de circulación la da precisamente lo que tiene en sí el sistema de descentralizado. Son, en realidad, caminos rectos en su mayoría los que sigue el público dentro de todas las edificaciones. Pero todas estas condiciones, ampliamente cumplidas, como ya hicimos notar, están reñidas con la condición de economía, y las instalaciones que se proyectan en Idlewild no son baratas ni tampoco fácilmente transformables, por lo menos, en lo que respecta a su macroestructura.

7) *Emplazamiento del grupo industrial, hangares.*—El sistema tangencial, en lo que respecta al emplazamiento del grupo industrial, es también un sistema privilegiado; en efecto, el grupo mencionado no necesita más unión con la zona central de vuelo que unas pistas de rodadura y no estar excesivamente alejado de ella. Exige no obstante una zona libre al desarrollo y separada con posibilidades de ampliación futura, condiciones que cumplen en toda su extensión las zonas situadas entre las pistas que, divergentes, dejan una zona cada vez más ancha entre ellas.

8) *Influencia en el trazado de las pistas de vuelo.*—La amplia extensión dada a la zona central influye decisivamente en las pistas de vuelo. En cuanto se refiere a su proximidad, el avión que aterriza y que ha de volver a despegar, viene obligado a dar la vuelta a toda la edificación central. Quizás con una reducción de dicha zona se hubiese logrado menor longitud de rodadura, aunque no pueda mantenerse en absoluto, puesto que, a medida que las pistas se sitúan encerrando menos terreno, cumplen menos también las condiciones de banda en sus cabezas que, como sabemos, es grave inconveniente del sistema tangencial.

Las edificaciones exteriores o interiores no influyen en las pistas debido a que las primeras se construyen en los espacios residuales, y las segundas, en la zona fuera de la influencia de la pista de la parte central.

En el aeropuerto que estamos estudiando se ha sacrificado un poco la rodadura del avión en beneficio del máximo desarrollo y tráfico logrado para el mismo.

Conclusión.—El aeropuerto de Nueva York es indudablemente uno de los de mayores posibilidades; todas sus instalaciones han sido estudiadas al detalle y con bastante previsión

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

del futuro, y, en sentido crítico, puede decirse, como razón decisiva, que es una obra cara y, por consiguiente, sistema prohibitivo para aquellas naciones de menos posibilidades económicas. Las circulaciones en él se han resuelto de manera satisfactoria, tendiendo a la automaticidad de las mismas, y es notoria su sencillez, excepto la complejidad de los trasbordos intermedios a que un viajero ha de verse forzado para ir de una posición a otra.

Estudio del aeropuerto de Londres

Introducción.—El aeropuerto primitivo de Londres tuvo que ser modificado, demoliendo una parte del mismo, para llevar a cabo la realización de un proyecto de más amplitud, capaz de absorber el inmenso tráfico que se originó después de la guerra. En la figura siguiente damos un esquema de dicho proyecto, del que vamos a realizar un estudio desde el punto de vista de la circulación en tierra. Este proyecto es una fase intermedia, ya que en el futuro se proyecta construir en la zona Norte otras tres pistas dedicadas al despegue, con lo cual el aeropuerto tendrá tres pistas paralelas entre sí, según tres direcciones distintas, o sea un total de nueve pistas.

1. *Estudio de las pistas de rodadura y zonas de muelles, así como la circulación por las mismas.*—El sistema de pistas de rodura consta: de doble pista que rodea al edificio terminal y una serie de pistas menores que van de aquéllas a las de vuelo. En muchos casos es preciso utilizar las pistas de vuelo para la rodadura.

Se han propuesto tres sistemas de circulación alrededor del edificio terminal: *a*) un sistema circular de dos direcciones, es decir, que el sentido de circulación en la pista interior es contrario al de la exterior; *b*) un sistema también circular, pero con un sentido único en las pistas interior y exterior, y *c*) un sistema semicircular de dos direcciones. En este caso los aviones se mueven en direcciones opuestas en las pistas de rodadura interior y exterior en cada mitad de la zona central. Después de detenido estudio se dedujo que este último sistema reducía al mínimo la congestión y el retraso de los aviones.

El tráfico hacia los hangares se hace con facilidad los días de viento Este u Oeste, pero los demás días constituye un entorpecimiento para la utilización de las pistas de vuelo.

Los muelles serán dispuestos alrededor del edificio terminal, unos próximos al mismo y otros situados entre las dos pistas de rodadura. Resultado de ello es que la circulación de aviones por la pista interior es dificultada por los vehículos que viajan entre el edificio terminal y los muelles exteriores, por lo que se acordó construir túneles de paso para dichos vehículos.

El número total de muelles previsto es de 64, pudiendo este número aumentarse hasta 71 en caso de que los muelles de 91 mts. se transformaran en muelles de 53 mts. Los de 91 mts. se situarán en la zona exterior de la cara N. O. del edificio terminal; en las zonas exterior e interior de las caras S. O. y S. E., y sobre la zona interior de la cara N. E., se prevén muelles de 46 mts., y por último en la zona interior del N. O. y en la exterior del N. E. se colocarán muelles de 53 mts.

Teniendo en cuenta que la circulación alrededor del edificio terminal es doble, resulta que los 8 Km. de pistas de rodadura que tiene este aeropuerto no es muy exagerada.

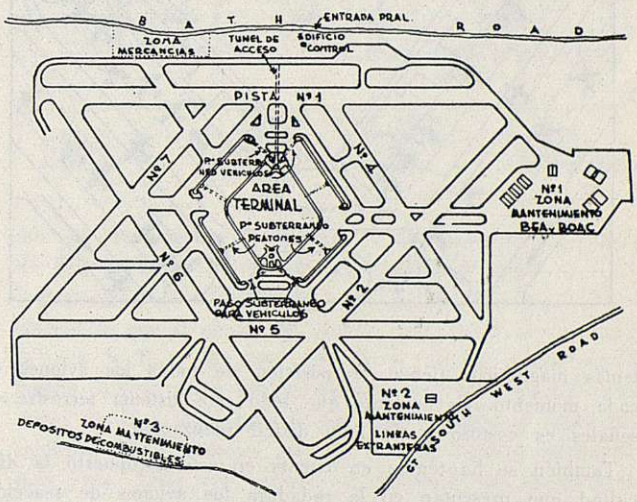
El sistema de circulación está bastante bien resuelto en su conjunto. Por encontrarse el edificio terminal entre las dos pistas de utilización simultánea para despegue y aterrizaje, se obtiene una circulación bastante encauzada.

A las cabezas de las pistas de vuelo no llegan pistas de rodadura, ya que se utilizan para ello las otras de vuelo, lo cual es una buena idea, puesto que ahorra pistas de rodadura. Por otra parte, las pistas de rodadura atacan en distintos puntos a las de vuelo, lo cual da fácil salida a los aviones que acaban de aterrizar.

El número de muelles es suficiente, dado el de 135 operaciones hora que se han supuesto para este aeropuerto. Respecto a la distribución y tamaño de dichos muelles está acertada, teniendo en cuenta los tipos de aviones que han de frecuentar el aeropuerto de Londres.

La zona de aparcamiento de aviones no está cerca del edificio terminal, debido al poco espacio libre que existe en este lugar. Por tal causa, en la parte exterior Este existe una zona de aparcamiento para los aviones nacionales, y en la zona Sur, para las líneas extranjeras. La solución es aceptable si tenemos presente la disposición que presentan las pistas de vuelo en este sistema, porque, si se hubiesen aprovechado para tal fin las zonas comprendidas entre pistas, tendríamos el problema de la posible ampliación futura.

Para el caso de utilizar solamente dos pistas paralelas para las operaciones de vuelo (una para aterrizajes y otra para despegues), no existen interferencias entre los movimientos de los aviones en tierra.



Las distancias de rodadura para el aterrizaje son pequeñas; sin embargo, para el caso del despegue, estas distancias son relativamente grandes.

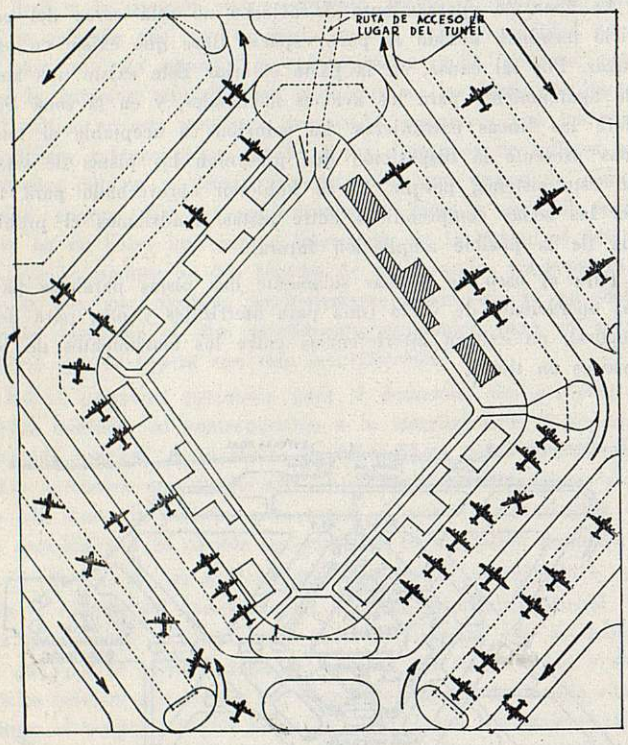
La separación de cada par de pistas paralelas es suficiente para que facilite la utilización simultánea de las mismas, con mal tiempo.

Para el calentamiento de motores no existen áreas propiamente dichas; se realiza aquél en las pistas de vuelo por las que rueda el avión antes de despegar, puesto que su anchura per-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

mite una perfecta circulación, aunque exista algún avión estacionado probando sus motores.

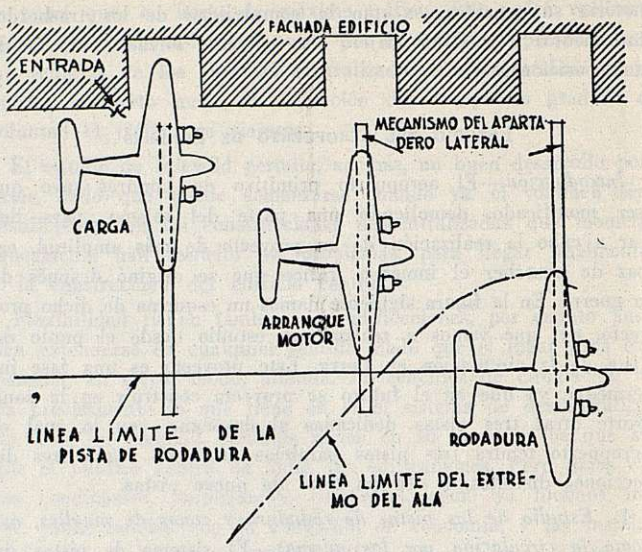
El gran número de movimientos de avión previstos, particularmente en condiciones de mala visibilidad, unida a la necesidad de un mínimo de retrasos sobre un complicado sistema de pistas de rodadura, exige un sistema veloz y preciso de regulación del tráfico terrestre, con algún procedimiento de indicador de posición. Este problema tiene más importancia en Londres, por la gran cantidad de días con niebla que allí se presentan. Tratan de resolverlo por un sistema análogo al de señales ferroviarias, pero mucho más perfeccionado, hasta el punto de darle una señal luminosa verde al piloto, indicándole el camino que debe seguir y anteponiéndole una barrera de luces rojas en los sitios de parada; asimismo, por medio de sis-



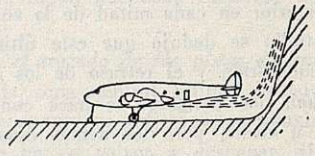
temas magnéticos tienen la posición de todos los aviones en cada momento. Es evidente que todo este sistema terrestre de señales es costoso y de muy difícil realización.

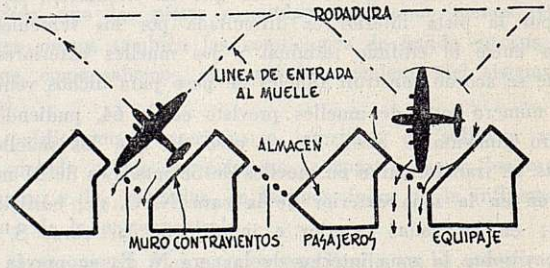
También se ha tenido en cuenta en este aeropuerto la dificultad que presentan en la rodadura los aviones de reacción. Se han estudiado diferentes sistemas de remolque de tales aviones, y se ha llegado a la conclusión de que el más eficaz es el de tractores, aunque por constituir un entorpecimiento para la circulación general, limitan su uso para el trafico entre el área central y los hangares. Aún de este modo, ello supone gran inversión de capital, ya que serían necesarios unos cuarenta tractores.

Para el atraque de los aviones en los muelles se ha pensado en utilizar discos giratorios para facilitar las maniobras del avión y también un sistema de apartaderos laterales, que es una plataforma que traslada lateralmente al avión, acercándolo al edificio que tiene alojamientos adecuados para el ala, tal como se ve en la figura que sigue. El método preferido parece que ha sido este último. Un inconveniente de este método puede ser la distinta situación de las alas respecto a las ruedas del avión.



Se estudió la posibilidad de que en el diseño de las fachadas se incluyan muros de contención contra el viento para proteger a los pasajeros y a los otros aviones de la corriente de aire producida por las hélices o la de gases, por los aviones de reacción tal como en la figura siguiente. Parece un poco aventurado adoptar tal sistema, ya que aún no se conoce el medio que ha de emplearse para la maniobra de los aviones en las zonas de muelles. La tendencia general en los aviones de reacción es hoy hacia el empleo de tractores u otro medio que





evite la utilización de los motores propios para estas maniobras por el gran consumo de combustible que ello supone y, además, los daños que esto puede ocasionar.

2. *Carga y descarga de pasajeros y mercancías.*—Hasta el

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

presente parece ser que no se aplica en el aeropuerto de Londres ninguno de los sistemas existentes para la carga y descarga de pasajeros y mercancías, tales como puentes de carga, autobuses de dos pisos, etc., por lo que suponemos que se sigue empleando para tal fin el procedimiento clásico de la escalera para los pasajeros y los de los tractores para las mercancías. Nos parece esto una buena idea, en tanto no se llegue a un perfecto estudio de tales métodos especiales.

3. *Servicios generales del avión.*—Actualmente se siguen empleando vehículos para todos los servicios del avión. Se ha estudiado la construcción de un almacén de combustible en la zona Sur del aeropuerto, en la que se colocarán depósitos para el almacenaje de más de 2.000 toneladas de combustible, reemplazando de esta forma el almacenaje temporal en tanques actualmente en uso.

Se proyecta el tendido de un oleoducto hasta el área central y se espera que este sistema pueda, más adelante, ser ampliado para permitir el bombeado directo de combustible al avión a razón de 1.360 litros por minuto y avión. Esto evitará el empleo del gran número de vehículos que actualmente se utilizan y que son imprescindibles mientras no se construya el oleoducto a pesar de que constituyen un entorpecimiento considerable para el tráfico terrestre.

4. *Tráfico de vehículos.*—Las operaciones actuales sobre la cancha del aeropuetro de Londres presentan un cuadro que pudiéramos llamar «confusión de vehículos». Una gran cantidad de líneas aéreas trabajan con sus propios vehículos como auxiliares de sus aviones; aunque de momento esto no representa un serio problema, no cabe duda que para aplicar este mismo sistema con una media superior de movimientos de aviones, se necesitará una racionalización de toda la circulación de vehículos.

En el estudio que se llevó a cabo se supuso que serían necesarios 12 tipos de vehículos. Para atender a todas las necesidades se vió que serían precisos 388 vehículos. Las medidas de movimiento vehicular resultaron ser de 250 por hora, para los muelles interiores, y de 100 por hora, para los exteriores. En vista de este gran número de vehículos necesarios, se ha pensado en el empleo de cintas transportadoras para el traslado, entre aviones y muelles y los edificios, de equipajes, correo y mercancías; esto redujo a cuatro el número de tipos de vehículos necesarios: coche de servicios, tanque de combustible, vagón sanitario y extintor de incendios, así como a 288 el número total de vehículos para el servicio del aeropuerto.

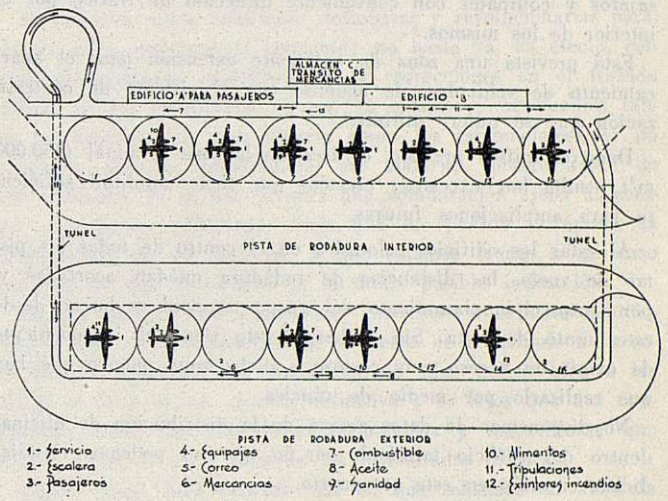
Se estima que, con un movimiento de 3.000 pasajeros por hora, serían necesarios unos 60 autobuses de 30 pasajeros cada uno y 600 coches privados con dos pasajeros, que suponen 700 movimientos vehiculares por hora en la carretera del área interior. Pero como el tráfico de pasajeros representa solamente un porcentaje pequeño respecto al total, se ha calculado que, en la carretera principal, el tráfico máximo será de 2.300 vehículos por hora, aunque este número puede ser reducido considerablemente, reemplazando los coches privados por un servicio de autobuses.

Se ha procurado separar el tráfico de los vehículos del servicio de los de acceso al aeropuerto, lo cual evita interferencias en las horas de punta.

Se ve en este aeropuerto la conveniencia de construir las galerías de servicios, ya que ello reducirá a un mínimo el número de vehículos y, por tanto, quedará el tráfico enormemente simplificado.

En la zona central del área terminal se establecerá el aparcamiento de coches; dada la extensión que tiene dicha área, es evidente que disponen de espacio suficiente para ello.

5. *Movimiento de pasajeros y de mercancías.*—El manejo de pasajeros, que constituye un aspecto más de la organización del tráfico terrestre en un gran aeropuerto, fué también investigado para determinar el tamaño de los edificios, al objeto de absorber la máxima de movimientos de avión. Para ello se enfocó el problema desde el punto de vista del número de cargas individuales, estableciendo una serie de subsecciones o canales. Las inspecciones de Inmigración y Sanidad se consideraron, dentro de cada canal, como una unidad desde el punto de vista del tiempo de permanencia en ellos, y el período durante el cual una carga ocupaba estas dos inspecciones se supuso igual al empleado en la Aduana; así, una segunda carga no era admitida en el canal hasta que la primera era despachada



por las inspecciones de Sanidad y de Inmigración en el caso de llegada, y por la Aduana, en el caso de salida.

Realizando un estudio sobre esta cuestión se llegó a la conclusión de que el número de canales necesarios era de siete para la cara S. E. y de ocho para la N. O. Se supuso que cada muelle interior sería servido por un canal que partiera directamente de él, y las cargas de los muelles exteriores pasarían por cualquier canal libre en uno de los dos edificios existentes en cada cara. Todo este estudio se comprobó matemáticamente a base de suponer un tiempo de 18,75 minutos para las cargas que salen y de 31,43 minutos para las que llegan; estos tiempos están calculados a base de aplicar los factores de utilización de 1/0,8 y 1/0,7 a las salidas y llegadas, respectivamente (salidas: 15 minutos, y llegadas: 22 minutos).

Como no poseemos datos referentes a la distribución de las oficinas dentro de los edificios del aeropuerto, no podemos saber si está bien resuelto el movimiento de las tripulaciones.

Debido a la necesidad de establecer muelles interiores y exteriores, parece que esta subdivisión en canales es una solución aceptable. Como se ve, el problema ha sido estudiado con

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

todo detalle; sin embargo, sólo la experiencia nos podrá decir si tal solución es verdaderamente conveniente.

6. *Estudio del emplazamiento de los edificios y de la distribución de las oficinas dentro de los mismos, así como de las zonas de aparcamiento de vehículos.*—Los edificios del terminal, actualmente en uso, serán reemplazados eventualmente por aquellos semipermanentes del tipo de dos plantas que serán erigidos en el área central. No ha sido proyectada todavía la construcción de ningún edificio permanente, lo cual depende de la experiencia que se adquiera durante el tiempo que se emplean los edificios semipermanentes. Esto nos parece acertado, ya que, en el caso de tener que demoler los edificios semipermanentes para dar paso a otros definitivos, no supondría gasto elevado.

La construcción de una torre de mando está también incluída en el plan inmediato del área central. Por encontrarse la zona terminal en el centro del aeropuerto, esta torre tiene buena situación, que le da una excelente visibilidad.

Los edificios están proyectados para admitir vehículos cargados a través de entradas laterales, las cuales conducirán pasajeros y equipajes con conveniente dirección de tráfico por el interior de los mismos.

Está prevista una zona de suficiente extensión para el aparcamiento de vehículos, de acuerdo con el sistema de centralización que se quiere utilizar.

Dado el tráfico previsto, el área de la zona terminal (150.000 m^2) resulta hoy excesiva; creemos que tiene amplitud suficiente para ampliaciones futuras.

Al estar los edificios colocados en el centro de todas las pistas de vuelo, las distancias de rodadura quedan acortadas y, por tanto, el emplazamiento del grupo terminal es bueno desde este punto de vista. Sin embargo, esto tiene el inconveniente de exigir un acceso muy costoso a dicha zona, puesto que hay que realizarlo por medio de túneles.

No disponemos de datos acerca de la distribución de oficinas dentro del edificio terminal, por lo que no podemos estudiar dichas cuestión en este aeropuerto.

7. *Emplazamiento del grupo industrial.*—El aeropuerto cuenta actualmente con un total de cuatro hangares emplazados en la zona de mantenimiento núm. 1, y restan en construcción otros tantos. Esta zona, dedicada a las líneas nacionales, tiene una extensión de 970.000 m^2.

Existe otra zona de mantenimiento en la parte S. E. de 280.000 m^2 dedicada a líneas extranjeras.

Se proyecta un área permanente para mercancías al Norte del extremo Oeste de la pista núm. 1.

El acceso desde el área terminal a las zonas de mantenimiento no está perfectamente resuelto, ya que tiene que hacerse a través del túnel principal de acceso y, por consiguiente, supone grandes recorridos, así como un aumento del tráfico a través de dicho túnel.

Las extensiones de la zona de mantenimiento son lo suficientemente amplias para permitir, no sólo la construcción de un buen número de hangares, sino también la provisión del aparcamiento de vehículos y ampliaciones futuras.

RESUMEN.—La mayor parte de los defectos que tiene este sistema de aeropuerto se deben a la colocación obligada que se han dado a algunos de sus elementos con objeto de aprovechar parte de las construcciones existentes del primitivo aeropuerto. Dentro de la concepción y posibilidades del sistema, la solución, aunque complicada, es satisfactoria.

Antes de proceder a la exposición de los sistemas propuestos, creemos, por último, conveniente resumir en los puntos siguientes los datos que hemos obtenido durante el estudio de los aeropuertos mundiales, y que habrán de servirnos como normas en que fundamentar cualquier solución posible.

1.º El edificio terminal no necesita en sí explanación de ninguna clase y, como en los aeropuertos modernos ocupa una gran extensión, no parece lógico colocarlo en la zona de pistas, sometida a otras exigencias de rasantes.

2.º El tráfico nacional de pasajeros no tiene, con buena organización, por qué pasar por el edificio terminal, sino sólo relacionarse con la estación colocada en la ciudad. Por lo tanto, puede ir directamente de ésta al avión.

3.º En todos los aeropuertos modernos se establece, debido a la extensión de los muelles, un servicio de transporte de viajeros desde la estación terminal al avión (generalmente, autobuses), por lo tanto, al no excluirlos, parece ilógico no utilizar los usados en el transporte de la ciudad al aeropuerto eliminando, de paso, el tiempo perdido en el edificio terminal (para el caso de tráfico interior).

4.º Los espectadores en un edificio terminal colocado fuera de la zona de pistas, tendrán mejor acomodo y mucha mejor visibilidad que en los actuales aeropuertos, puesto que se lo puede colocar en situación dominante de todo el campo, sin que moleste a ningún servicio del aeropuerto.

5.º El tráfico de paso (internacional) del aeropuerto no debe mezclarse (pasajeros) con los demás. Para evitarle las complicadas y largas operaciones de aduanas. Parece, por tanto, lógico establecer una especie de zona franca en cada aeropuerto aduanero, la cual estaría vigilada solamente con personal de policía de fronteras.

6.º El tráfico de paso (nacional) solamente necesita, en el aeropuerto, un bar restaurante y una sala de lecturas, y no necesita para nada todas las oficinas, diversiones, etc., que se hayan instalado en el edificio terminal.

7.º Los servicios técnicos del aeropuerto (meteorología, carburantes, incendios, etc.), no tienen que estar en contacto con el público; al contrario, deben evitarlo para su mejor servicio. Además, deben estar al lado de los aviones, que es en donde actuarán.

8.º La torre de mando debe situarse en el centro de gravedad de las pistas, pues si la vinculamos materialmente al resto del edificio terminal, no podremos lograr esta colocación debido a la extensión de aquél.

9.º La circulación de llegada al aeropuerto (área) no debe interferir con la de salida y, por lo tanto, debe evacuarse inmediatamente de la zona inmediata al avión.

10. El tráfico internacional debe estar rígidamente separado del nacional, puesto que aquél necesita más requisitos y el uso ineludible del edificio terminal, debido a las aduanas y policía que, por su extención y tiempo de permanencia en ellos, no pueden ser colocados en otro lugar.

11. Al tráfico de paso, tanto nacional como internacional, hay que buscarle un lugar en el aeropuerto tal, que no se vea obligado a trayectos largos entre los muelles de los dos andenes;

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

por lo tanto, parece ilógico alojarlo en un edificio terminal de gran extensión.

12. La evacuación de las pistas de vuelo por los aviones debe ser rápida, por medio de un buen trazado de las acometidas de las pistas de rodadura. De no existir éstas o estar mal colocadas, se deduce un mal rendimiento en la utilización de las pistas y, por lo tanto, un fallo en el tráfico previsto para el aeropuerto.

13. La carga y descarga de los aviones debe ser proyectada en el centro de gravedad del aeropuerto para evitar excesivo número de kilómetros de pistas de rodadura. Ahora bien, la mayoría de los edificios no tienen por qué coincidir en este lugar, puesto que no tienen relación directa con el avión.

14. Los servicios del avión en los aeropuertos deben de ir en galerías subterráneas de servicios, bien por conducciones o por depósitos, con lo que se evita, casi por completo, la circulación de camiones alrededor de los andenes y, por lo tanto, las frecuentes colisiones entre las dos circulaciones.

15. Todas las cabezas de pistas no especializadas deben estar servidas por una pista de rodadura para evitar la pérdida de tiempo en recorrer el último trozo de la pista de vuelo.

16. Las pistas de rodadura, en la proximidad de las cabezas de las pistas de vuelo, deben poseer ensanchamientos de calentado de motores, en los cuales se pueda organizar la salida rápida de aquel avión que más pronto esté en disposición de hacerlo. Asimismo, dichos ensanchamientos deben tener completa instalación contra incendios, que, en este caso, debe ser móvil, puesto que uno (o, a lo sumo, dos) de estos ensanchamientos se utilizará simultáneamente en todo el aeropuerto.

17. Uno de los factores que más encarecen el aeropuerto son las explanaciones; por lo tanto, debe tenderse con un sistema compacto de pistas a que aquéllas sean mínimas. No obstante, al pasar a la utilización de tres pistas simultáneas, puede dar origen a complicaciones extraordinarias en la circulación de aviones que hayan de decidirse por los sistemas tangencial o Z, a pesar de sus enormes extensiones.

18. En los actuales aeropuertos de pistas cruzadas, en el interior de los triángulos formados por las pistas de vuelo, existen grandes extensiones de terreno, sin uso actual, que, sin embargo, han tenido que ser explanados, y que tienen, por lo tanto, rendimiento nulo.

19. En los aeropuertos en los cuales el número de muelles es limitado, debido al embotellamiento entre las pistas y los edificios terminales, parece ilógico usar aquéllos para los servicios del avión, que pueden ser ejecutados en cualquier parte. Parece, por tanto, natural usarlos sólo para carga y descarga de pasajeros.

20. Al aumentar el tráfico de aviones en un aeropuerto debe tenderse, en cuanto sea posible, a que la circulación de rodadura sea de dirección única, independiente de la dirección en que sople el viento, para evitar interferencias y colisiones.

21. A pesar del uso de las galerías de servicios, son imprescindibles algunos vehículos, cuya circulación debe encauzarse de modo que no interfiera con la de los aviones.

POSIBLES SOLUCIONES

Acabamos de ver, en la parte anterior de nuestro presente trabajo, cómo está planteado y, en parte, resuelto el problema del tráfico terrestre en los grandes aeropuertos. A nadie puede ocultársele que las actuales soluciones, a más de ser parciales para el momento presente, no tienen la suficiente elasticidad como para mirar el porvenir con tranquilidad, y de aquí nuestra obsesión de poner bien de manifiesto la excepcional importancia del tema, para ahorrar pérdidas económicas importantes y, sobre todo, la urgencia de resolverlo, a menos de esperar que, en el futuro, se produzcan atascos y colisiones durante la rodadura, carga y servicio de las aeronaves, con merma importante de los servicios que pueden rendir. Hoy por hoy, como declaró la O. A. C. I. en su documento 2-553 COT/26, «es, por lo menos, tan importante como la instalación de ayudas a la navegación para aumentar el número de aterrizajes por hora, el diseño del aeródromo para que los problemas de rodadura y despeje no queden, mientras tanto, olvidados», y hemos de confesar que tal cosa ha ocurrido o, al menos, que tales problemas de rodadura y de despeje no han seguido —ni mucho menos— la desenfrenada marcha de perfeccionamiento y progreso que la técnica aeronáutica (material y ayudas) ha emprendido con ritmo cada vez más trepidante y acelerado.

Se imponen, pues, soluciones definitivas y revolucionarias para, de un salto, ponernos al corriente; no hasta ya, en efecto, con perfeccionamientos, modificaciones y correcciones en el trazado clásico de los aeropuertos (y son ya clásicos y anticuados, tanto los sistemas de área abierta como los tangenciales), si no queremos que las posibilidades del material volante dejen de ser utilizados. Si se nos permite una comparación ajena al campo aeronáutico, podríamos decir que ha pasado la época, la oportunidad, de la medicina y que estamos frente a un caso extremo en que la cirugía es la única posible indicación.

En las páginas que siguen nos atrevemos a exponer soluciones de esta clase ,animados por el deseo de contribuir a la solución del problema. La pluralidad de ellas indica bien a las claras la falta de un criterio definitivo y lo lejos que nos confesamos hallar de esas fórmulas mágicas y maravillosas que son, a veces, la clave feliz de las dificultades técnicas.

Quede, pues, bien sentado que ni nos sentimos en absoluta posesión de la verdad, ni dogmatizamos; tan sólo hemos de alardear en sentir una preocupación cada vez más creciente, deseando que nuestra inquietud sea compartida por algunos; de esta forma no ocurrirá, como dice la O. A. C. I., que «el problema de rodadura y despeje quede olvidado», y no olvidar una cosa es tener adelantado ya por lo menos la mitad del camino de su planteamiento y solución.

I.—Sistema de rodadura periférica

Fieles a nuestra aspiración ideal de disminuir la rodadura de los aviones y evitar las colisiones y molestias a los pasajeros, exponemos a continuación unas ideas que quizá, con las modificaciones y perfeccionamientos lógicos de su realización y puesta en práctica, podrían resolverlos.

El sistema, en esencia, trata de evitar los largos e inútiles recorridos de los aviones hasta los muelles y de los pasajeros hasta ellos, utilizando al efecto unos vehículos intermedios que enlazan la estación central con el avión. Tales vehículos autobuses llevan, como puede verse, una carrocería especialmente diseñada con dos plantas: la parte inferior para equipaje, víveres, personal de vuelo, auxiliares, etc., y la superior, a una altura

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

conveniente para que, por una pasarela abatible en la delantera del vehículo, puedan los viajeros penetrar cómodamente (las alturas del umbral en los modernos aviones no son excesivamente variables: 2,70 a 3,30 mts.) en la aeronave. Como vehículos terrestres que son, los autobuses pueden acercarse con facilidad a los muelles y aparatos, recorriendo los espacios que separan unos y otros por caminos especiales a toda la velocidad que se desee: superior siempre, menos propensa a colisiones y de menor trascendencia y coste en el caso de producirse un roce o abolladura, que si los aviones ruedan por las zonas de estacionamiento: ni la visibilidad desde el puesto del piloto puede compararse a la del «chófer», ni sus disposiciones de frenado y viraje tienen posible parangón.

El sistema que nos ocupa consta, pues, esencialmente:

1.º De una sola pista de rodadura que rodea todo el campo, uniendo las cabezas de las de vuelo. En esta única pista, por la que todos los aviones circulan siempre en la misma dirección, existen diversos apartaderos, de los que con todo detalle habremos de ocuparnos.

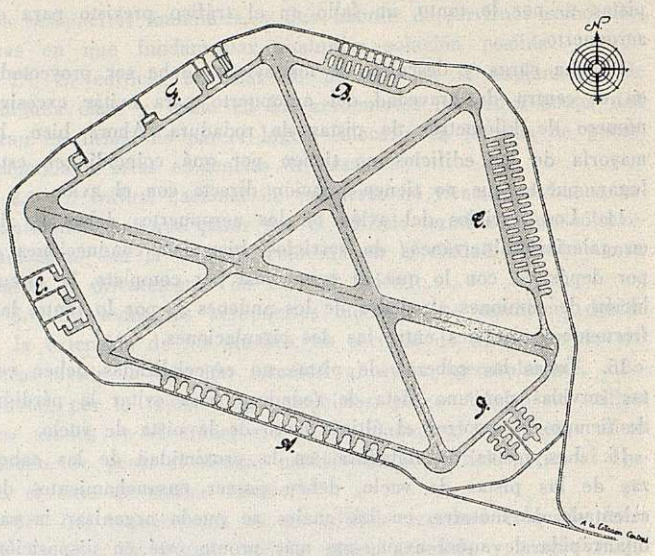
2.º Una carretera de circunvalación con suficiente anchura para permitir tres circulaciones —10,50 metros, por ejemplo—, con las tolerancias propias de tales vías en pendientes, curvas, etc., y, por tanto, con menor movimiento de tierras que una pista aeronáutica. Esta carretera tendrá, por supuesto, los necesarios accesos a cada una de las posiciones de estacionamiento, reparación, etc.

3.º Un edificio central situado en cualquier punto, esto es, sin preocuparnos de colocarlo lo más cerca posible del centro de gravedad de las pistas, fuera de la zona atravesada por la pista periférica, e incluso, si hay la más mínima razón para ello (nudo de comunicación o sitio extremadamente pintoresco), a relativa distancia del aeropuerto. En el recorrido de los autobuses, muelles-aeronaves, el aumento de dos kilómetros, por ejemplo, no recarga de modo apreciable la duración del trayecto.

4.º Unos autobuses especialmente diseñados, pero sin exagerada complicación constructiva.

A título de ejemplo, y con objeto de precisar más aún los conceptos dando soluciones reales para un caso concreto, procederemos acto seguido al estudio de un aeropuerto diseñado con arreglo a nuestros principios. Insistimos, no obstante, en no proponer fórmulas definitivas e irrevocables, sino puntos de discusión, por lo que incluso se llegan a señalar variantes posibles en algunos casos, sin inclinarnos decididamente por ninguna de ellas. No sólo, pues, aceptamos la crítica; queremos adelantarnos a provocarla.

Como puede verse en la figura que sigue, se trata de un aeropuerto de clase A, formado por cuatro pistas de vuelo. Rodeándolo por completo existe una pista de rodadura que une las cabezas de aquéllas y, a su vez, es envuelta por una carretera de 10,50 metros, a la que se liga mediante frecuentes enlaces. (Esta carretera se aleja y rebaja frente a los sectores de entrada de las pistas, para no entorpecer las maniobras. Su elasticidad en el trazado y rasantes lo permite sin dificultad.) Todos los trozos de la pista de rodadura situados entre las cabezas de las de vuelo, con distancias superiores a los 200 metros, por ejemplo, son susceptibles, mediante apartaderos adecuados, de emplearse para la carga, descarga, estacionamiento y reparación de los aviones, con lo que resulta casi totalmente indiferente la situación de unos y otros, pues prácticamente están todos ellos a la misma distancia, en tiempo, del edificio central, con la cómoda y fácil unión de los autobuses. Así, pues, es posible dejar paso a otras circunstancias, tales como enlaces exteriores,



precio de los terrenos, etc., muy interesante desde el punto de vista económico, para decidir la situación de los edificios industriales (combustibles, talleres, etc.).

Llegado a este punto, surgen una serie de posibles soluciones que deberán plantearse antes de seguir adelante, pero nos reservamos nuestra opinión sobre cuál podrá ser la mejor, por cuanto entendemos que para cada caso particular, según la importancia del aeropuerto y la regularidad de su climatología, podrá haber razones justificativas de una determinada, a más de que confesamos carecer de un firme criterio personal sobre el asunto. He aquí nuestras dudas:

¿Debe imponerse una circulación invariable o ha de tolerarse que, al cambiar el sentido en que son las pistas utilizadas, pueda darse orden de hacerlo también en dirección contraria por la pista de rodadura?

¿En qué sentido debe ordenarse la circulación única, si se adopta este criterio?

(La circulación «a izquierdas» parece la indicada; pero el hecho de que todos los aviones tengan sus accesos en la izquierda, obliga a una ligeramente más complicada maniobra del avión y autobús para acoplarse, que si rueda «a derechas»).

Evidentemente, la circulación única e invariable por la pista de rodadura es posible, hasta recomendable desde el punto de vista de la sencillez, pero tiene el inconveniente de obligar a los aviones al recorrido, en algunos casos, de trayectos superiores al semiperímetro para alcanzar una posición determinada. Esto, sólo en lo que se refiere a posiciones de reparación, ya que, dado el reducido coste de las de estacionamiento o carga, pueden colocarse en los lugares extremos del campo, con lo que, en cualquier caso, en el semicontorno que un avión de tránsito debe recorrer para colocarse nuevamente en la cabeza de la

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

pista, encontrará posiciones libres de carga, descarga y estacionamiento.

Hagamos aquí el inciso de que, si bien en este caso la distancia que ha de recorrer el aparato parece mucho mayor de la necesaria en un aeropuerto normal con pistas de rodadura paralelas a las de vuelo, en la práctica no ocurre así, pues evitamos por completo los complicados y largos desplazamientos del aparato por pistas de estacionamiento y enlace a que se vería obligado si, como es corriente, hubiere de acercarse al edificio central para su aprovisionamiento y transbordo de viajeros. A más de ello, la singular ventaja de un pronto y completo despeje de toda la zona de vuelo, ya dijimos debe apreciarse en cuanto tiene de importancia para el tráfico y seguridad del material volante.

Para las zonas de reparación y entretenimiento del avión hemos adoptado las soluciones expuestas en el sector E de la figura. Todos los edificios —hangares, talleres y canchas— han sido dibujados de acuerdo con las especificaciones americanas, y para su emplazamiento se han supuesto unas condiciones ideales de orientación, a más del cuidado de procurar el despeje de la pista de rodadura periférica, evitando que talleres y hangares al borde de la misma puedan obstaculizarla. En nuestra concepción del problema, los aviones deben circular por la pista de rodadura con relativa velocidad, y por ello, aparte de un cuidadoso trazado de la misma, en la que se eviten acuerdos cerrados, ningún aparato habrá de detenerse y entorpecerla. Como se ve en la figura, un sistema de apartaderos para cada caso resuelve completamente, a nuestro juicio, tal exigencia.

Las posiciones de estacionamiento C y B son también sencillas y económicas. Creemos preferible cualquiera de los sistemas dibujados (que son función del número de los necesarios) al clásico de las grandes zonas afirmadas en que los aviones se aparcan. No sólo es ventajosa esta economía de reducir la parte afirmada exclusivamente a lo que las ruedas necesitan para la maniobra, sino que, al marcar tan rigurosa e invariablemente el lugar en que cada aparato debe estacionarse, evitamos cualquier posible colisión o atasco.

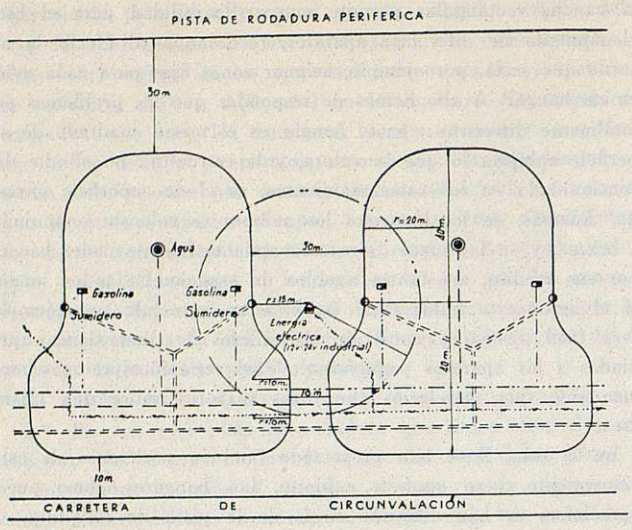
Aunque sea casi innecesaria una explicación, hemos de hacer notar que en el sector C hemos dibujado dos tipos de apartaderos: unos —los del lado exterior del campo—, ciegos o sin salida; otros —los interiores—, abiertos o de paso. En aquéllos la maniobra es más difícil, pues el avión debe girar 180 grados para salir de él; pero son mucho más económicos por exigir, aproximadamente, la mitad de la superficie afirmada. Normalmente bastarán los de uno u otro sistema, no obstante lo cual hemos preferido dibujarlos juntos para mayor complejidad del problema.

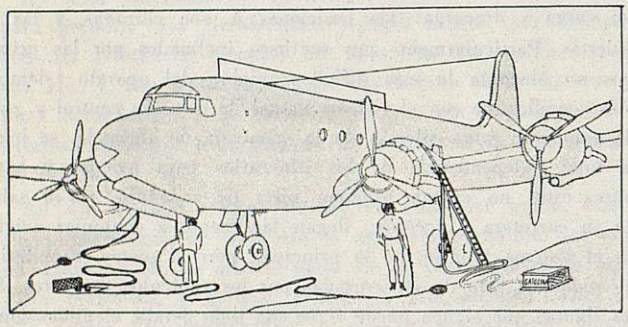
En la zona D los apartaderos tienen trazado folicular. Aparentemente esta figura es caprichosa, y la maniobra de los aparatos, complicada; pero debe considerársela no como idea nueva, sino simplificación de una zona afirmada que tuviera sus dimensiones extremas: Comenzaríamos por marcar en ella las posibles posiciones distribuídas racionalmente y con la necesaria separación para que un aparato pueda alcanzar cualquiera de éstas sin obstáculos; suprimiendo entonces todas las zonas por las que las ruedas no han de pasar, llegamos a la determinación de la superficie mínima de afirmado. Quizá se pueda objetar que la cancha rectangular permite mayor flexibilidad para el estacionamiento de diferentes aparatos, recordando al efecto lo absurdo que sería, por ejemplo, asignar zonas fijas para cada avión en un hangar. A ello hemos de responder que los problemas son totalmente diferentes: en el hangar es el metro cuadrado de superficie cubierta lo que se valora, y la estructura no admite discontinuidad; en los estacionamientos, es el de superficie afirmada. Además, en los hangares los aviones se colocan «empujados a brazo», y en las zonas de estacionamiento han de poder hacerlo por sus medios, sin tantos agobios de espacio. De todos modos, si el aeropuerto hubiera de servir a un aeroclub, por ejemplo, será fácil diseñar y construir apartaderos de dimensiones apropiadas a los aparatos pequeños, lo cual sería siempre más recomendable que mezclarlos con otros mayores sobre una misma área.

En la zona F se han proyectado también posiciones de estacionamiento, pero aquí, a cubierto. Los hangares, como puede apreciarse, se han colocado fuera de la pista de rodadura, de acuerdo con nuestra permanente obsesión de no entorpecerla.

Y llegamos, por último, a las zonas A y B de aprovisionamiento, carga y descarga: las posiciones A, son cerradas, y las B, abiertas. Particularmente nos sentimos inclinados por las primeras, no obstante la más difícil maniobra del aparato (siempre más sencilla que con el sistema actual de estación central y zona de contacto), pues, además de la economía de afirmado, se logra la total independencia de los itinerarios para aviones y autobuses: éstos no cruzan ninguna pista de rodadura, ni se salen de su carretera y accesos; llegan fácilmente a cualquier avión; en el sistema abierto, no la principal, pero sí pistas secundarias de rodadura, han de ser cruzadas por los vehículos terrestres. En las figuras que siguen puede verse con todo detalle el dimensionado de tales posiciones, y la perspectiva correspondiente, en la que aparecen bien visibles las situaciones o emplazamientos de los servicios de gasolina, agua, eléctricos, sumideros, contra incendios, etc. Por supuesto que, sin discusión alguna, nos decidimos por las modernas canalizaciones subterráneas recomendadas en cualquier caso, pero queremos destacar lo extraordinariamente ventajoso de nuestro sistema, para su adopción, por cuanto no exige la construcción de galerías bajo la zona afirmada, ni tampoco la obligada necesidad de unos complicados registros enterrados con los dispositivos de medida, mangas, etc., y esmerada ejecución de las tapas correspondientes para que sean resistentes, ligeras y estancas. Se aprecia en nuestros dibujos que las tuberías van bajo terreno natural y no importa a qué profundidad, e incluso pueden ir sobre la superficie del suelo, pues por él no ruedan ni aviones ni vehículos terrestres; por esta razón las costosas e incómodas arquetas de toma pueden substituirse por instalaciones elevadas hasta un metro, sin temor a que constituyan el más mínimo obstáculo a la maniobra de la aeronave. Una excepción habrá, seguramente, de hacerse a este sistema de colocar la tubería fuera de la zona afirmada, con las conducciones de la energía eléctrica (12 y 24 V. en continua, y 125 V. en alterna, teléfono y quizás aire comprimido), pues son tan sencillos y, además, tan elementales los registros de toma, que pueden, sin gran coste, colocarse en el centro de la zona de rodadura, con objeto de llegar fácilmente al fuselaje; por el contrario, el situar excéntricamente las tomas de agua, combustible, etc., es, no sólo de económico, sino de conveniente emplazamiento (depósitos en las alas).

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO





Recordemos que no es recomendable que los servicios de aire acondicionado sean atendidos mediante canalizaciones colectivas; entre cada dos posiciones habrá una caseta para este servicio, o quizá sea más conveniente no prescindir de los actuales equipos móviles que por la carretera periférica y accesos pueden fácilmente desplazarse al lugar oportuno, sin cruzar ninguna zona de vuelo.

En las figuras siguientes aparecen en esquema el funcionamiento de la estación central para el tráfico internacional, y, en unión de la perspectiva, quedan bien manifiestas las siguientes necesidades y conveniencias que se han estimado básicas:

1.ª Existencia de un fácil y amplio muelle de embarque, aunque sin distancias excesivas que recorrer, y desde donde los pasajeros pueden tomar el autobús o abandonarlo sin esfuerzo —a nivel— y sin incomodidad —a cubierto—.

2.ª Amplia zona franca dotada de todas las posibles comodidades y lujos: peluquería (señoras y caballeros), bar, restaurante, hotel, cine, tiendas, telégrafo, teléfonos, etc.

Con ello:

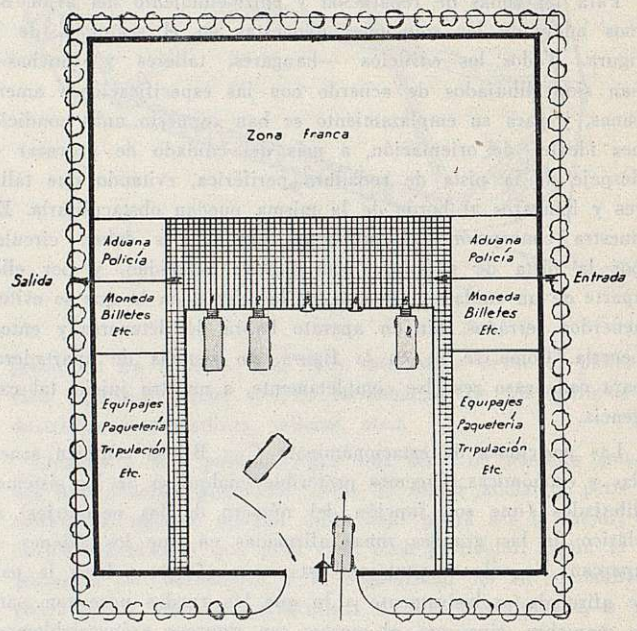
a) Los viajeros de tránsito ni han de abandonarla, aunque sea relativamente larga su estancia, ni se sentirán aisladas en aduanero lazareto.

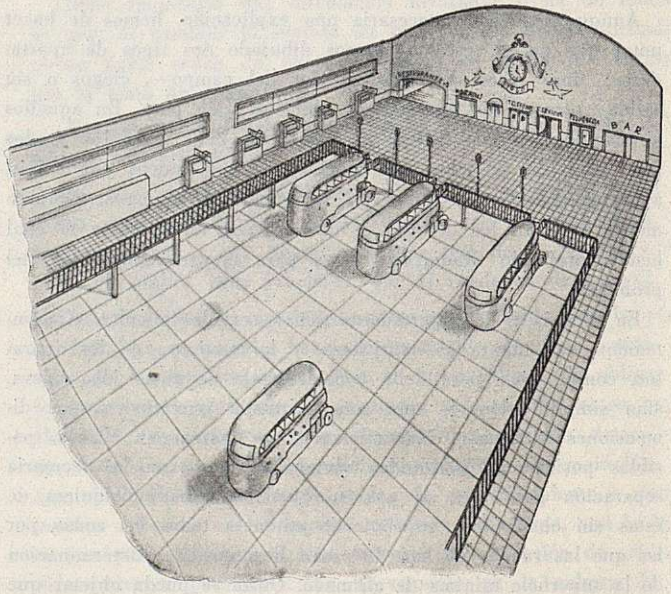
b) Existirá un volante regulador para las operaciones de policía, moneda y aduanas en la salida y entrada de viajeros al país. En efecto: las comodidades y servicios que en la zona franca se le brindan retrasará su aglomeración en la llegada y adelantará la hora en que soliciten su despacho a la salida, en vez de dejar todas las operaciones para última hora.

3.ª Organización única de los servicios de policía, billetes, aduana, etc., que pueden ser atendidos perfectamente; y

4.ª Separación absoluta y fácil de equipajes y tripulación mediante un semisótano, desde el que pasan al piso inferior de los autobuses.

Se ha preferido indicar tan sólo en la planta las partes dedicadas a distintas misiones, en vez de presentar el croquis de su total distribución, por creerlo innecesario para este estudio de carácter general. Por supuesto que, además de este edificio para

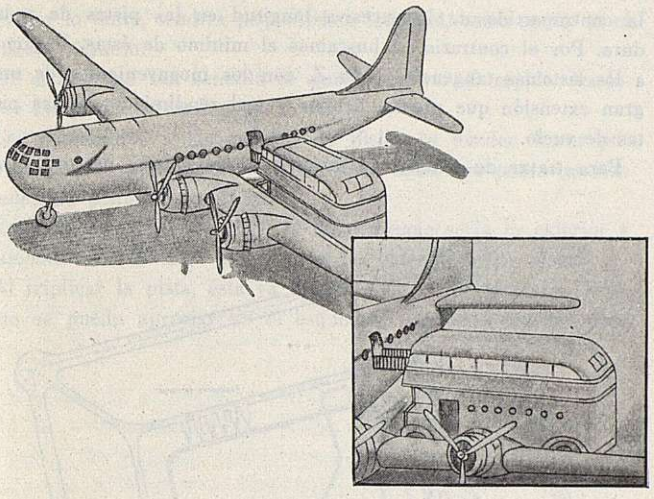




FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

el tráfico internacional, habrá otro, junto a él, para el nacional. No hay que decir lo sencillo que puede ser su trazado.

Dada la total imposibilidad de experimentar previamente esta disposición en otra escala que no sea la natural, es difícil predecir la economía de tiempo y de dinero que reportaría sobre el actual vigente; pero no es exagerado prever que pueda reducirse a la mitad el tiempo mínimo de 30 minutos que emplea hoy un avión desde que toma tierra, rueda por las pistas de rodadura y enlace, cruza la de estacionamiento, se coloca en posición, carga, descarga, reposta y deshace todas las operaciones



para situarse en la cabeza de la pista. Aquí, por el contrario, el avión rueda a toda velocidad y se detiene en una posición, junto a la pista, donde todos los servicios de aprovisionamiento están ampliamente montados, en tanto un autobús, que lo espera, se aproxima a él para el descenso de los viajeros. Tan sólo unos minutos antes de la salida de ese mismo autobús, de vuelta, u otro distinto, se le volverá a unir para el embarque de los viajeros y equipaje, y se emprenderá su rodadura y despegue acto seguido.

De forma alguna habrían de ser despreciables las economías que se obtengan: en combustible, limitando la maniobra de las aeronaves, y en material, evitando totalmente colisiones en tierra, que, si no peligrosas para la vida del viajero, son siempre de costosísima reparación; pero, sobre todo, existe la ventaja inicial de una importantísima reducción en la zona de afirmado necesaria. En números redondos, un aeropuerto de cinco pistas de longitud hasta 3.000 mts. exige:

	De superficie afirmada
Para pistas de vuelo	900.000 m²
» » de rodadura	370.000 »
» » de enlace	50.000 »
» » de estacionamiento	240.000 »
» » de aparcamiento	150.000 »
TOTAL	1.710.000 m²

Pues bien: con el sistema de pistas de rodadura periférica y apartaderos de carga y estacionamiento, incluyendo como pista la carretera de circunvalación, se ahorran unos 400.000 m², que suponen una cifra del orden de 60 millones de pesetas.

Muy interesante es también la consideración de que, si pudiéramos construir las pistas de tal forma que sus cruces estén en la cabeza, con el sistema de rodadura periférica, es factible la utilización simultánea de todas ellas en el caso de vientos poco intensos, pues, al no existir por el centro del campo pistas de rodadura, ninguna colisión es de temer. (Véase figura siguiente.)

Y queremos, por último, como justificación de la lógica, que encierra la disposición estudiada, presentarla, no como idea aislada, sino en perfecto enlace con las tendencias actuales de los aeropuertos y algo más cerca de nosotros que el indiscutible ideal a que la organización del tráfico aéreo parece dirigirse.

Imaginemos previamente los extremos: Por una parte, el aeropuerto de concepción clásica, donde los aviones se acercan a la estación central, y por otra, el futuro sistema de transporte, en el que los aparatos tienen perfectamente separadas las misiones tractoras y remolque.

Existen para ello dificultades técnicas, pero, si pueden resolverse —que lo serán—, aparecerá la evidente ventaja de separar misiones tan distintas como la de una locomotora y un vagón de viajeros, lo que permitirá hacer independientes las servidumbres de una y otro —tan opuestas—, y utilizando las posibilidades de aquélla al máximo para atender a varios remolques, cada uno de los cuales espera cargado.

Entre ambos extremos aparece primero el sistema radial (Idlewild, por ejemplo), donde la complicación del tráfico exige la multiplicación de las posiciones de estacionamiento y carga, am-

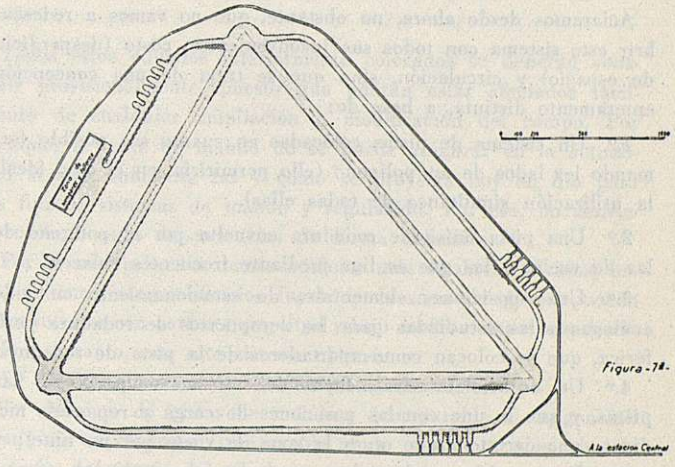


Figura 74.

pliando las zonas de contacto y exigiendo unos pequeños vehículos automóviles —berlinas— para el traslado de los pasajeros, por el interior de la elipse, de unas a otras bases de llegada o partida; y entre ésta y la ideal se nos ha de permitir situar, la por nosotros propugnada, de vehículos de enlace entre la estación central —compacta y bien dotada— y el aparato, que no abandonaría su pista de rodadura. Incluso no vemos dificultad alguna para que los referidos autobuses hagan la totalidad del trayecto avión-ciudad (oficinas centrales de la compañía), para el tráfico nacional, sobre todo, con lo que, de modo especial, nos acerca-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

mos más a la solución ideal de vehículo o remolque terrestre que se dirige al aeropuerto para tomar las alas y motores necesarios y emprender el vuelo con un mínimo de transbordos, complicaciones y servidumbre del material.

II.—Aeropuerto de rodadura interior y terminal exterior

Una muy importante objeción que al sistema expuesto de rodadura periférica puede hacérsele es la de su larga pista de enlace que puede obligar, en ocasiones, a recorridos grandes para trasladarse un avión desde su posición de carga hasta el punto donde debe comenzar su carrera de despegue. Si, en efecto, se quiere mantener a ultranza el principio de la circulación a izquierdas, para ocupar el avión determinada posición y abandonarla, acaso habría de dar totalmente la vuelta al campo. La cuestión no es, sin embargo, tan grave, por cuanto la teoría de la circulación única con no importa qué viento es difícilmente defendible si se considera que las pistas de vuelo no la tienen y que, por tanto, es limitada y relativa la complejidad de cambiar el sentido de la circulación en la rodadura al mismo tiempo que lo hace la dirección de entrada o salida al campo de los aviones en vuelo. Además, los recorridos más o menos largos de un avión por una pista recta, sin cruces, amplia y plenamente despejada como es la periférica de nuestra anterior solución, será siempre más fácil y económica que la clásica de pasos a nivel y vueltas, sorteando vehículos; aunque sea más corta, como podría ocurrir en casos especiales de determinados vientos.

Sin embargo, hasta este aparente defecto puede llegar a corregirse sin más que dar la vuelta al sistema, dejando la pista de rodadura en el interior y las de vuelo en su parte de fuera del mismo modo que los aeropuertos de concepción clásica comenzaron por ser de área abierta y hoy se los hace tangenciales.

Aclaramos desde ahora, no obstante, que no vamos a redescubrir este sistema con todos sus inconvenientes, costo (desperdicio de espacio) y circulación, sino que se trata de una concepción enteramente distinta, a base de:

1.º Un sistema de pistas colocadas en cuanto sea posible formando los lados de un polígono (ello permitiría, en el caso ideal, la utilización simultánea de todas ellas).

2.º Una pista única de rodadura envuelta por el polígono de las de vuelo, a las que se liga mediante frecuentes enlaces.

3.º Unas posiciones elementales de estacionamiento en todo análogas a las estudiadas para los aeropuertos de rodadura periférica, que se colocan como apartaderos de la pista de rodadura.

4.º Un edificio terminal, fuera del terreno ocupado por las pistas, y que se une con las posiciones de carga y repostado mediante una carretera que cruza la zona de vuelo por un túnel; y

5.º Unos autobuses de enlace como los ya estudiados.

Vemos, pues, que una gran diferencia, respecto a los aeropuertos tangenciales, es la de haber sacado todo el grupo de edificios del área central, aunque esto no sea enteramente exacto, pues está claro que siempre será necesario que, al pie de determinada posición de estacionamiento y carga, existan barracones u oficinas para atender al despacho de los aviones por cada compañía, y sus servicios, e incluso un bar para aquellos pasajeros que continúan su ruta en el mismo avión y que sólo desean pasar estos minutos en tierra, sin acudir al edificio terminal.

Con este sistema vemos que todas las dificultades del sistema anterior de rodadura periférica quedan eliminadas, y como se mantienen sus singulares ventajas, creemos posible y conveniente su realización práctica.

Este nuevo sistema que hemos expuesto, parece a primera vista que ocupará un área excesiva, con el consiguiente encarecimiento del proyecto; ahora bien, tiene excelente aplicación como perfeccionamiento a la concepción clásica del aeropuerto de pistas cruzadas y, por tanto, tal inconveniente queda suprimido, de modo que permite su adaptación, con nulas o pequeñas variantes, a determinados aeropuestos en construcción o existentes.

Los aeropuertos de pistas cruzadas han nacido bajo la idea de la economía en explanación; ahora bien, este sistema tiene la contrapartida de la excesiva longitud en las pistas de rodadura. Por el contrario, si buscamos el mínimo de éstas, llegamos a los sistemas tangencial y en Z, con los inconvenientes de una gran extensión que precisa ocupar y mal rendimiento de las pistas de vuelo.

Para tratar de obtener el mínimo de las pistas de rodadura,

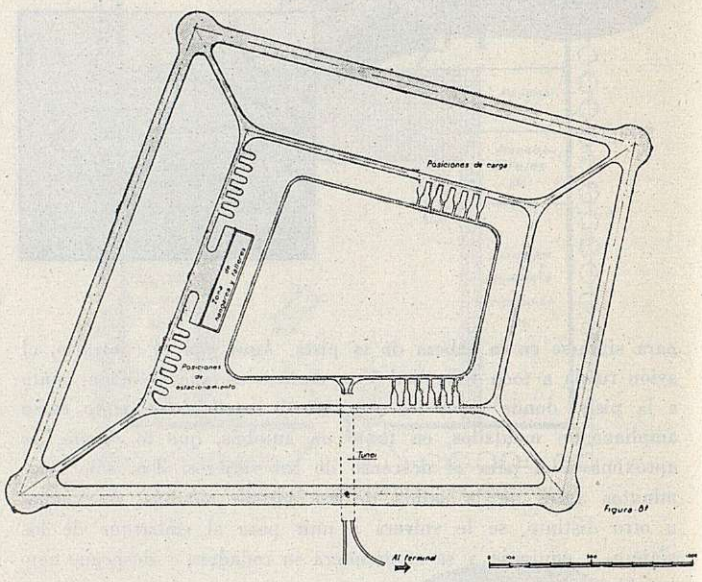


Figura 61

unas veces se llevó la zona de muelles (corriendo las pistas) al sitio más próximo al centro de gravedad de ellas, pero al exterior (aeropuertos de área abierta).

Otras veces, por el contrario, se colocaron en el interior, pero unidos a los edificios terminales y demás inmuebles del aeropuerto, lo que lleva consigo la pérdida de la principal propiedad de los aeropuertos de pistas cruzadas, debido a la gran extensión del área central (Londres).

Es decir, que en el aeropuerto de pistas cruzadas (donde difícilmente se puede prever la utilización simultánea de dos direcciones algo separadas) obtenemos la ventaja de la economía, de la cual no debemos prescindir.

Además, en estos aeropuertos existen actualmente zonas interiores suficientes para alojar una zona de muelles de forma circular (para obtener la máxima área interior) y de capacidad suficiente para el tráfico que se calcule.

En caso de necesidad, esta zona de muelles podría tomar la

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

forma interior de las pistas de vuelo, a fin de aumentar su perímetro.

Vemos, pues, que se puede obtener un buen trazado de pistas con sitio en el interior para los muelles y zonas circulares para éstos, o ligeramente modificados.

En todos los casos se puede disponer en el interior de los muelles de una zona lo suficientemente extensa para permitir la acometida del túnel y la instalación de los edificios que en ella hayan de ir.

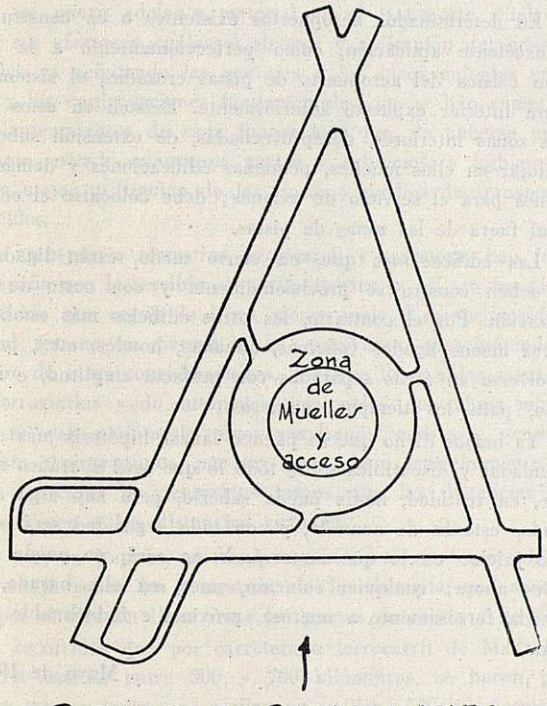
Con una buena disposición del cruce de pistas se puede obtener un sistema sencillísimo de rodadura, puesto que sólo se necesitaría una por pista que incida en ésta cerca de su centro y que, por lo tanto, tendría pequeñísima longitud, como se ve en el esquema adjunto.

De esta forma tan sencilla se puede resolver el rápido desaloje de las pistas de vuelo.

Las acometidas a las cabezas de pistas se pueden hacer por las demás de vuelo no en servicio, y, al final, con pequeñas longitudes de pista de rodadura.

En caso de doblar la pista, la de despegue sería la exterior y solamente necesitaría la unión entre las cabezas de las pistas.

Al triplicar la pista, ésta ya debería ir al lado contrario, pero, como se puede apreciar en el esquema, esta pista tendría poca



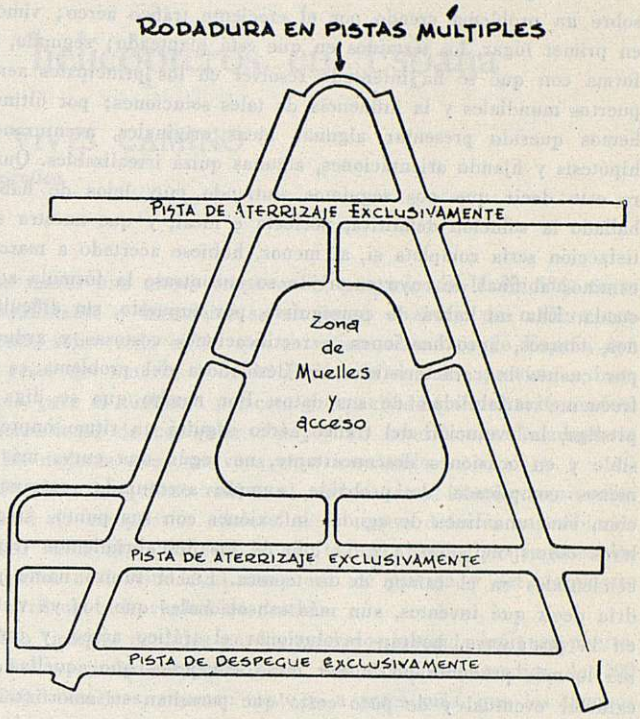
RODADURA EN PISTAS SIMPLES

complicación (solamente, como máximo, una de rodadura en el centro), por ser dedicada exclusivamente al aterrizaje.

Vemos, pues, la facilidad en el aumento de pistas en este aeropuerto y las pocas obras que hace falta realizar para esta evolución.

La organización de los autobuses en los muelles es la misma que en el sistema periférico y, por lo tanto, de sencillez extrema, por no necesitar más que una carretera interior a los muelles y, por lo tanto, de pequeñísima longitud.

En esta zona solamente es necesario la instalación de los servicios del avión, restaurante y tiendas para el tráfico de paso y los servicios de las tripulaciones. Además, deberá ir todo el sistema de torre de mando, que, de esta forma, aumentará notablemente su campo de visión.



Todos estos edificios interiormente colocados se deberán construir provisionalmente, puesto que podrán estar afectados fácilmente de cualquier ampliación o modificación del campo. Por ejemplo, la torre de mando no se puede asegurar en la actualidad si será suficiente tal y como se proyecta hoy en día para los futuros sistemas de mando y regulación. Por eso, no conviene edificar estas dependencias de forma definitiva.

Por el contrario, los demás edificios más estables (oficinas, hotel, aduanas, etc.) edificados fuera de la zona de pistas pueden desenvolverse con perfecta amplitud y lujo en los tiempos venideros.

Por lo tanto, con este sistema obtenemos:

1.º Máxima utilización de las pistas de vuelo.

2.º Mínimo de pistas de rodadura (comparable al tangencial) y mínima explanación (comparable al de pistas cruzadas), con la pequeña desventaja del túnel de acceso, del que han hecho uso bastantes aeropuertos actuales.

3.º Facilidades dadas para la creación de una zona franca.

4.º Los servicios del avión se hallan situados también en dicha zona y, por lo tanto, separados del tráfico de público.

5.º El edificio administrativo, hotel y área de espectadores se podrán situar en lugar dominante de las pistas y, por lo tanto, se les podrá sacar mayor rendimiento, no como en la actualidad, en que en la mayoría de los aeropuertos el campo de visión del espectador queda reducido casi exclusivamente al tráfico de viajeros.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

6.º Posibilidad, al pasar a varias pistas paralelas, de especializar éstas permanentemente (a pesar del sentido del viento), con la posible revisión, por tal causa, de sus longitudes y sencillísimo sistema de acceso.

CONCLUSIONES

A lo largo de nuestro trabajo hemos insistido una y otra vez sobre un problema creado por el creciente tráfico aéreo; vimos, en primer lugar, los términos en que está planteado; segundo, la forma con que se ha intentado resolver en los principales aeropuertos mundiales y la influencia de tales soluciones; por último, hemos querido presentar algunas ideas originales, aventurando hipótesis y fijando orientaciones, algunas quizá irrealizables. Quiere esto decir que nos seguimos sintiendo muy lejos de haber hallado la solución definitiva, perfecta e ideal, y que nuestra satisfacción sería completa si, al menos, hubiese acertado a marcar caminos al final de cuyo recorrido se encontrase la fórmula adecuada. Ella no habrá de conseguirse, por supuesto, sin dificultades, tanteos, aproximaciones y rectificaciones costosas y arduas, por cuanto la característica más desoladora del problema es la frecuente variabilidad de sus datos. Por mucho que se diga y prediga, la evolución del tráfico aéreo seguirá un ritmo imprevisible y en ocasiones desconcertante, no según una curva más o menos complicada de probable, aunque aventurada, extrapolación, sino una línea de agudas inflexiones con sus puntos singulares correspondientes a cada uno de los descubrimientos transcendentales en el campo de la técnica. En el futuro nadie podría decir qué inventos, aún más sensacionales que los ya vistos en la postguerra, podrán revolucionar el tráfico aéreo, y quizá sea lo más prudente no buscar otras soluciones que aquéllas de carácter eventual y de poco costo que permitan su amortización en breve plazo, por si hubiesen de quedar anticuadas o superadas en unos años.

Desde nuestro punto de vista nacional, acaso ésta sea la única y transcendente conclusión a que nuestro trabajo pueda fructíferamente conducirnos. La limitación de nuestros medios económicos retrasa nuestra técnica e impone austeridad extrema a nuestras inversiones; aquélla nos hace en ocasiones inaccesibles procedimientos, métodos y material, cuya virtualidad o vida es ya escasa o más que mediada. Además, nuestras inversiones deben ser hechas sopesando siempre las contrapartidas y pensando que no podemos permitirnos otros ensayos y experimentos que aquellos imprescindibles o de indiscutible buen éxito.

Así, pues, con vistas a una mayor claridad expositiva y con objeto de concretar aún más las conclusiones a que creemos haber llegado, resumimos, como final, nuestro trabajo en los siguientes puntos:

1.º Comparado con el grado de perfeccionamiento y desarrollo a que la técnica ha conducido el vuelo, así como los detenidos estudios dedicados al avión, el tráfico aéreo en su aspecto de operaciones en tierra: rodadura, carga, descarga, repostado y mantenimiento ha sido poco estudiado.

2.º Dicho aspecto constituye —por supuesto, sólo en los grandes aeropuertos— un problema de seguridad, economía y comodidad.

3.º En el futuro, cuando el tráfico se incremente y, sobre todo, se vuele con cualquier tiempo de modo normal, el problema será grave y limitará quizá la plena utilización del aeropuerto en su posible capacidad.

4.º Las soluciones que, para resolverlo, se adopten, tienen que ser adecuadas a la importancia y transcendencia del uso: aquéllas habrían de ser revolucionarias e inmediatas.

5.º El trazado de los futuros aeropuertos habrá de venir influído por el sistema de tráfico en tierra que se adopte, mucho más de lo que hasta el presente lo ha sido.

6.º En caso de una nueva concepción es fundamental la posibilidad de que al pasar a varias pistas paralelas, puedan éstas especializarse permanentemente (a pesar del sentido del viento), con la posible revisión por tal causa de sus longitudes, resistencia y disposición para un sencillo sistema de acceso. Todas estas ventajas las reúne el sistema de rodadura interior, como hemos visto anteriormente.

7.º En determinados aeropuertos existentes o en construcción tiene excelente aplicación, como perfeccionamiento a la construcción clásica del aeropuerto de pistas cruzadas, el sistema de rodadura interior expuesto anteriormente. Existen en estos aeropuertos zonas interiores, desaprovechadas, de extensión suficiente para alojar en ellas muelles, pequeñas edificaciones y demás instalaciones para el servicio de aviones; debe colocarse el edificio terminal fuera de las zonas de pistas.

8.º Las edificaciones que, en cierto modo, están ligadas al avión deben construirse provisionalmente y con costo de fácil amortización. Por el contrario, los otros edificios más estables y cada vez menos ligados (oficinas, aduanas, hoteles, etc.), pueden desenvolverse en áreas separadas con perfecta amplitud, e incluso lujo, para los tiempos venideros.

9.º Ya hemos dicho que se pueden lanzar hipótesis más o menos fundadas y discutibles sobre todo lo que será el tráfico aéreo, aunque, en realidad, nadie puede saberlo, pero hay algo en lo que todos estarán de acuerdo, y con toda seguridad será exacto nuestro juicio: en lo que no será. Y no será, no puede serlo, como es ahora; cualquier solución, pues, en ella basada, está condenada forzosamente a onerosa, próxima e indeclinable rectificación.

Mayo de 1950.

Comenta este trabajo el Sr. Fernández Bujarrabal, quien alude a otras propuestas suyas que ha hecho en la comunicación núm. 126 sobre "Franjas de aterrizaje y despegue de aviones".

Por no estar presentes los autores de los respectivos trabajos, la Presidencia dispone que se dé lectura a los resúmenes correspondientes. Estos trabajos se reproducen íntegros a continuación, y son:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 110. - Aeropuertos para helicópteros en España

Autor: D. FRANCISCO VIVES CAMINO
Ingeniero Aeronáutico

EL TRANSPORTE MECÁNICO

Desde que, en un ayer cercano, aparecen los medios de transporte mecánico substituyendo a los de tracción animal, cambia la vida de la Humanidad, y han sido estos cambios tan profundos y variados, que afectan de lleno a la organización de los países y de las ciudades, y a la del mecanismo económico, necesario para la vida de los pueblos. Nunca se ha previsto, al aparecer un nuevo adelanto material en el transporte, cuáles iban a ser sus efectos y cuáles el alcance y aplicación del mismo. La práctica va señalando las ventajas y los inconvenientes en cada caso, y las equivocaciones fundamentales que se han cometido en los planteamientos de cada innovación, que, de haberse previsto, hubieran evitado cuantiosos gastos y esfuerzos, y hubieran permitido mejor utilización de las líneas y medios de transporte establecidos.

Los transportes terrestres, ferrocarril y carretera, han luchado en España con la terrible orografía ibérica, y así, en sus trazados ha habido que seguir la línea menos mala y menos accidentada que el terreno ha permitido en cada caso, prescindiendo casi siempre de otras consideraciones, y así se llegó a las actuales redes ferroviarias y de autopistas, las cuales, con obras muy costosas se van mejorando algo, suavizando curvas y pendientes, pero sin aspirar nunca, por ser hasta ahora materialmente imposible, conseguir en recorridos largos que las distancias reales se aproximen a las distancias virtuales.

Por eso, en España, el transporte aéreo tiene siempre la enorme ventaja sobre los terrestres, de la distancia que acorta, al unir por el aire en línea recta los puntos de salida y de llegada.

Los recorridos que por carretera o ferrocarril de Madrid a la periferia oscilan entre 500 y 700 kilómetros, se hacen por el aire en tramos rectos que oscilan entre 250 y 500 kilómetros. Este enorme ahorro absoluto de kilómetros es una ventaja que hace al transporte aéreo competir con el terrestre, aun en trayectos relativamente cortos no indicados para aquél.

Parece, después de lo expuesto, que el problema se resuelve con una tupida red de aeropuertos próximos a los núcleos urbanos y centros de producción más importantes, que permitan la comunicación rápida entre todos ellos.

Efectivamente, esta red de aeropuertos, estudiada ya y en fase de construcción muy avanzada, es una gran obra de conjunto que marca una nueva etapa en el progreso de la Nación, cuyas posibilidades y beneficios se empiezan a sentir de manera creciente, sobre todo en lo que se refiere al enlace de España con el resto del mundo, o de la Península con sus provincias insulares, para el cual está perfecto y capacitado para el tráfico aéreo internacional de cualquier clase, y en condiciones de adaptarse a las mejoras que éste vaya experimentando.

Pero en lo que se refiere al tráfico aéreo interior peninsular, la red de aeropuertos adolece de un grave defecto, imposible de evitar hasta ahora, que es la pérdida de tiempo que suponen los traslados de la ciudad al aeropuerto de partida, y del aeropuerto de arribada a la ciudad de destino.

Los tiempos perdidos en los traslados secundarios (aeropuerto-ciudad y ciudad-aeropuerto), en los transportes medios de 300 a 500 kilómetros, suponen tanto y, a veces más, que los tiempos empleados en la totalidad del vuelo. Son muy escasos, y es el más desfavorable en este sentido, el que ocurre en las Islas Canarias, donde la línea que une las dos capitales, Las Palmas-Tenerife, tiene que volar 90 kilómetros en línea recta, empleando 20 minutos de vuelo, pero, para trasladarse desde Las Palmas al aeropuerto de Gando hay que hacer un recorrido de 40 kilómetros de carretera tortuosa, en el que se emplea, por lo menos, una hora. Desde el aeropuerto de Los Rodeos a Tenerife se emplean 20 minutos, los cuales, unidos a los tiempos de parada, espera en las oficinas de las ciudades, espera en las de los aeropuertos, etc., hace que el tiempo perdido sea más de cinco veces el tiempo empleado en el vuelo.

Los aeropuertos de gran extensión con alrededores despejados, necesitan estar emplazados en terrenos que reúnan condiciones para ello, y que nunca queden demasiado próximos a las ciudades.

Por eso, este inconveniente, aunque se aminore uniendo cada puerto con su ciudad vecina por una buena autopista, podrá mejorarse, pero nunca será eliminado, y, en muchos casos, subsistirá siempre de manera muy apreciable.

El helicóptero como medio de transporte abre una nueva posibilidad, cuya principal ventaja es hacer posible el transporte directo de ciudad a ciudad, ahorrando tiempos perdidos. Permite también el helicóptero operar en ciudades que, por sus condiciones orográficas, no podrán nunca contar con un aeropuerto en sus proximidades.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Es el objeto de este trabajo estudiar por primera vez y de manera completamente embrionaria, puesto que en España no tenemos ninguna experiencia sobre el helicóptero, cuáles son sus posibles aplicaciones, y qué prevenciones deben tenerse en cuenta ya, para que no nos sorprenda totalmente en un próximo porvenir la aparición del helicóptero, de uso tan indicado para las distancias medias de nuestras líneas interiores.

Nos hemos guiado en este estudio principalmente por las noticias directas y por las tomadas de distintas revistas, entre los que citaré únicamente, para no hacer larga la lista, los trabajos de Raoul Hafner, jefe de Proyectistas de la Casa Bristol, y datos facilitados directamente por el señor Sabatuchi sobre los experimentos italianos.

POSIBILIDADES DEL HELICÓPTERO, EN CUANTO A TIEMPOS MÍNIMOS DE RECORRIDO

El mayor contingente de viajeros es el que se traslada de un centro de ciudad a otro centro de ciudad. Estudiemos (fig. 1) el recorrido del punto A al punto D, situados a una distancia absoluta en línea recta d_o. Supongamos que la línea de transporte establecida, bien sea terrestre o aérea, es la indicada en la figura, la cual tendrá un trazado adaptado al terreno, o a la ruta aérea estudiada, que rara vez coincidirá con la recta entre B y C y que tendrá puntos de parada o enlace intermedios.

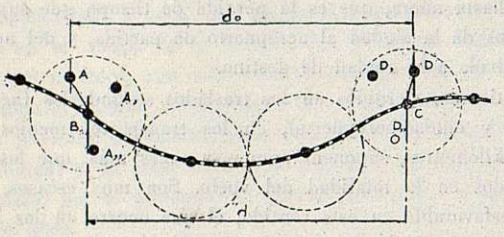


Fig. 1

Por medios particulares (taxis), o por transportes urbanos (tranvía, autobús, metro, etc.), debe hacer el viajero los dos recorridos parciales de A a B y de C a D, o sea, de su habitación en la ciudad de salida a la estación de embarque, y de la estación de desembarque a su habitación en la ciudad de destino.

Llamando d a la distancia entre entre estaciones B y C, la diferencia entre el recorrido total A-D y B-C es: $\Delta_d = d_o - d$; Δ_d puede ser positiva o negativa, según sea la situación de los puntos A y D con relación a los puntos B y C, casi siempre es pequeña comparada con la distancia total. Tomando en las cercanías de B y de C varios puntos A′, A″, D′, D″ en distintas posiciones, la distancia de todas las combinaciones A-D es igual a B-C, lo que significa que $\Delta_d \to o$.

Llamando t_o el tiempo empleado en recorrer A-D, y t al empleado en el recorrido B-C $\Delta t = t_o - t$. Δt cambia mucho según las circunstancias, y depende no solamente de la longitud de los viajes secundarios A-B y C-D, generalmente, pequeño, como decimos anteriormente, sino también y más principalmente de los tiempos empleados en las esperas, embarques, desembarques y otros factores, de tal manera que el promedio para un gran número de viajes, Δ_t no se aproxima a o, sino que tiene un valor definido y siempre apreciable.

Puede demostrarse que la media de este valor es constante para un determinado medio de transporte, y que puede considerarse independiente de la longitud d del recorrido; se define como «*pérdida de tiempo marginal*».

La velocidad de crucero en el recorrido B-C, se expresa:

$$V_m = \frac{d}{t}.$$

La velocidad efectiva en el recorrido total de A a D es:

$V_e = \dfrac{d_o}{t_o} = \dfrac{d + \Delta d}{t + \Delta t}$, pero como $\Delta d \to o$ $V_e = \dfrac{d}{t + \Delta t}$, y

substituyendo $V_e = \dfrac{V_m}{l + \Delta t \left(V_{m/d}\right)}$.

Vemos, pues, que la velocidad media efectiva depende de la velocidad media de crucero, de la longitud del recorrido y de la «*pérdida de tiempo marginal*».

La velocidad media de crucero depende, a su vez, de varios factores:

1.º De la velocidad máxima que pueda alcanzarse con el tipo de transporte empleado.

2.º De la relación entre las longitudes de la línea directa B-C y la del recorrido efectivo.

3.º Del número de paradas o puntos de aterrizaje, en las que, por razones de seguridad, enlaces o por otras causas, el vehículo pasa a una velocidad menor que la de crucero.

4.º De las condiciones del tiempo, etc.

«*La pérdida de tiempo marginal*» depende del número de puntos de embarque y desembarque, longitud resultante de los tramos, velocidad de transporte en cada tramo, tiempo perdido en el cambio de vehículos en B-C, y tiempo de espera en los enlaces.

Teniendo en cuenta estas consideraciones para el transporte en las líneas aéreas, considerando la velocidad de crucero de 300 millas por hora y suponiendo que en la red de aeropuertos española queden éstos situados a distancias medias de 65 millas unos de otros, lo que puede originar recorridos secundarios hasta de 32 millas para ir o venir al aeropuerto, aplicando estos conceptos a la fórmula de la velocidad media efectiva, nos da la interesantísima curva A (fig. 2), en la que se observa, como hecho más notable, el decrecimiento pronunciado de la velocidad media efectiva del transporte en relación con la longitud d del viaje. Para un recorrido de 100 millas, la velocidad media efectiva será únicamente de 30 millas por hora; se deduce, por lo tanto, que el avión de pasajeros es inadecuado para viajes cortos.

Veamos la comparación con el transporte por ferrocarril.

Para distancias pequeñas, menos de 60 millas, el recorrido se hace en trenes lentos, correos, y para más de 60 millas en trenes rápidos, con empalmes de trenes lentos al final del recorrido.

Para la velocidad media de crucero de un tren rápido, tomemos 65 millas por hora, lo que supone que el tren debe llevar velocidades superiores a 80 millas por hora en una gran parte de los recorridos. Como las estaciones de ferrocarril están situadas dentro de las ciudades, la «*pérdida de tiempo marginal*»

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

es menor que en el transporte aéreo; suponiendo éste de 40 minutos, la curva B da la velocidad media efectiva del transporte ferroviario.

En el transporte por carretera el coche particular o el taxi, que hace el servicio de «puerta a puerta», no tiene «*pérdida de tiempo marginal*».

En el servicio de autobuses con diversas paradas en la ciudad o el de ferrocarril subterráneo o elevados que mientras atraviesan las ciudades se paran en varias estaciones, puede suponerse en 20 minutos la «*pérdida de tiempo marginal*».

Para las grandes y modernas autopistas con doble circulación y sin cruces, puede considerarse una velocidad media de crucero para los coches de 45 millas por hora, y de 16 millas por hora dentro de las zonas urbanizadas. Las dos curvas C y D indican las características de automóviles y autobuses en grandes pistas.

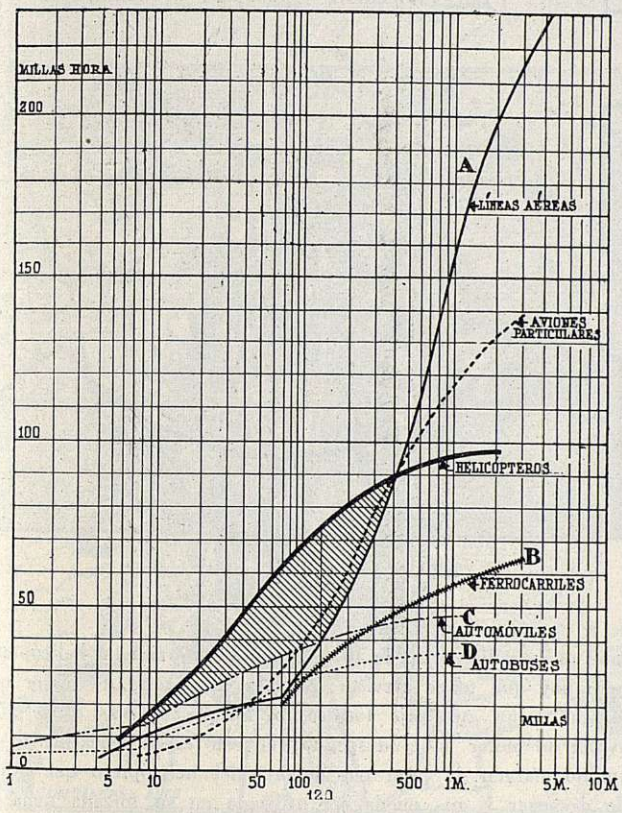


Fig. 2

Suponiendo que cada ciudad tenga el número de helipuertos necesarios dentro de su casco urbano para que el acceso a los mismos sea similar al que se invierte en llegar a una estación del «Metro» o a una parada de autobuses, y considerando para este medio de transporte la mitad de la «*pérdida de tiempo marginal*», o sea de 20 minutos, y tomando como velocidad media o de crucero del helicóptero 100 millas por hora, resultará la velocidad media efectiva del helicóptero expresada por la curva E.

Hagamos ahora con la figura 2.ª a la vista la comparación entre los diferentes medios de transporte. Vemos en ella que, para los recorridos cortos, el coche particular o taxi es el de mayor velocidad media, mientras que en el otro extremo de la escala, o sea, en los recorridos muy largos, el avión de pasajeros es insuperable.

Pero hay una gran zona intermedia, que es la comprendida entre 10 y 400 millas, en la cual el servicio más rápido lo da el helicóptero; particularmente, en el recorrido de 120 millas es dos veces más veloz que cualquiera de sus competidores.

En España, con un recorrido menor de 400 millas, se va del centro a cualquier punto del litoral peninsular; se ve, pues, el interés enorme que, de subsistir condiciones parecidas a las que aquí se exponen, tendrá el helicóptero para los transportes interiores nacionales.

POSIBLE RED FUTURA DE AEROPUERTOS ESPAÑOLES PARA HELICÓPTEROS

Vista la enorme importancia del problema, la cual no se ha hecho sentir todavía porque el helicóptero no ha llegado aún a nuestro país de forma práctica, ni comercial, pero por ser realidad cada vez más palpable la situación que se define en el capítulo anterior no es posible ignorarla, hay que estar preparados y prevenir con tiempo esta modalidad del transporte para un futuro próximo.

Para ello es necesario estudiar ya una red de helipuertos de tal manera que, por lo menos, cualquier ciudad de más de 10.000 habitantes cuente con este servicio.

Muchas ciudades de este tipo que hoy no tienen posibilidad de contar con un aeropuerto en sus proximidades, porque no lo permiten las condiciones de sus terrenos colindantes, pueden en todos los casos preparar un helipuerto que las enlace con el resto de la red aérea nacional.

Esta red de helipuertos debe ser minuciosamente estudiada. Su principal objeto es servir a todos los núcleos urbanos de 10.000 habitantes para arriba, y su situación en cada caso debe ser tal que queden enclavados dentro del casco urbano o en terrenos tan próximos a él, que sus accesos puedan considerarse siempre como un transporte urbano corriente. En las ciudades importantes hay que multiplicar el número de helipuertos para que cada sector de la ciudad tenga uno, en un lugar de fáciles y permanentes accesos, enlazados con las líneas de tranvías, autobuses, «Metro», etc. Un cálculo hecho por encima, sobre el anuario de 1945 (ciudades de 10.000 habitantes para arriba con uno o más helipuertos), da un mínimo de 500 helipuertos en la Península.

CARACTERÍSTICAS DE LOS HELIPUERTOS

La característica principal de un helipuerto es la de estar situado dentro de la ciudad, o lindando con su periferia urbana. De dos maneras puede cumplirse esta condición de situación: 1.ª Construyendo grandes terrazas sobre edificios altos de la ciudad (helipuertos elevados); 2.ª Habilitando en plazas, parques o espacios libres, zonas de terreno suficientemente amplias y acondicionadas (helipuerto al nivel del suelo).

Examinemos cada uno de los dos casos:

1.º *Helipuertos elevados.*—En la Feria de Milán, hace breves años celebrada, se construyó un helipuerto en la terraza de un elevado edificio. La pista de este helipuerto tiene 85 metros de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

largo por 25 de ancho y está construída para resistir una carga estática de 1.000 kilos por metros cuadrado.

Dejando completamente libre el rectángulo de la pista y en terrazas próximas hay un pequeño hangar, una estación de servicio y una torre de regulación de vuelo. Este helipuerto no tiene el carácter de terminal, ni siquiera permite el estacionamiento prolongado de los helicópteros, los cuales tienen un helipuerto-base en un campo despejado, a nivel del suelo.

La pista de Milán, orientada en su mayor longitud paralelamente a los vientos dominantes, no ha podido en algunos días de la Exposición ser empleada en toda su capacidad, porque los vientos transversales han obligado a usar una dirección oblícua de aterrizaje y despegue, lo que ha hecho más dificultosa las operaciones y, por lo tanto, ha disminuído las frecuencias de las mismas.

Es evidente que un helipuerto permanente debe tener previsto el caso de avería del motor del helicóptero, y, por tanto, un descenso forzado del mismo, y también debe tener previsto que sobre la pista concurran varios helicópteros en distintos momentos: de espera, aterrizaje, rodadura y despegue. También es evidente que, por muy frecuente que sea el viento dominante en el lugar del helipuerto, hay que tener previstos los cambios de dirección del viento, estudiados en la misma forma que se hace en los aeropuertos, para que, cuando el tráfico sea de mediana importancia puedan, en el cien por cien de los días, ofrecer una dirección de aterrizaje aproada al viento.

Los inconvenientes arriba apuntados, unidos al elevado coste de las fuerzas y grandes terrazas que es necesario construir, hacen que el tipo de helipuerto elevado sea prohibitivo, en la mayoría de los casos.

Tienen, sin embargo, la gran ventaja estos helipuertos, de poder estar situados en el centro de máxima actividad de las ciudades, y de poder ser enlazado por medio de ascensores con la mínima «*pérdida de tiempo marginal*» con los citados centros.

HELIPUERTOS AL NIVEL DEL SUELO

Las principales ventajas de estos helipuertos son su menor costo de construcción, por limitarse a habilitar nivelando y pavimentando, una zona sobre el terreno natural, además por la mayor amplitud que puede dárseles sirven para helipuertos terminales o de estacionamiento largo, con cabida para amplias instalaciones de hangares, talleres, etc.

Las dimensiones y disposición de un helipuerto a nivel del suelo deben ser como se indica en la Figura 3, las siguientes: Un espacio libre para pista de vuelos circular que tenga, por lo menos, 100 metros de diámetro, con el terreno horizontal, posiblemente pavimentado formando pistas en dos, tres o cuatro direcciones, según la frecuencia de los vientos.

Los sectores de salida y entrada de estas pistas no tendrán obstáculos en sentido vertical que rebasen a la línea inclinada que partiendo del borde de la pista se eleve con una inclinación de 30º sobre la horizontal.

Dentro de esas condiciones pueden situarse en toda su periferia las instalaciones y edificios necesarios para aparcamiento y entretenimiento de los helicópteros, regulación y dirección del vuelo, aparcamiento de coches, recepción y despacho de mercancías, etc., etc.

Un helipuerto de las condiciones dichas tiene amplitud suficiente para atender al mismo tiempo a varios helicópteros en posiciones de espera, despegue, aterrizaje y aparcamiento. Ya se

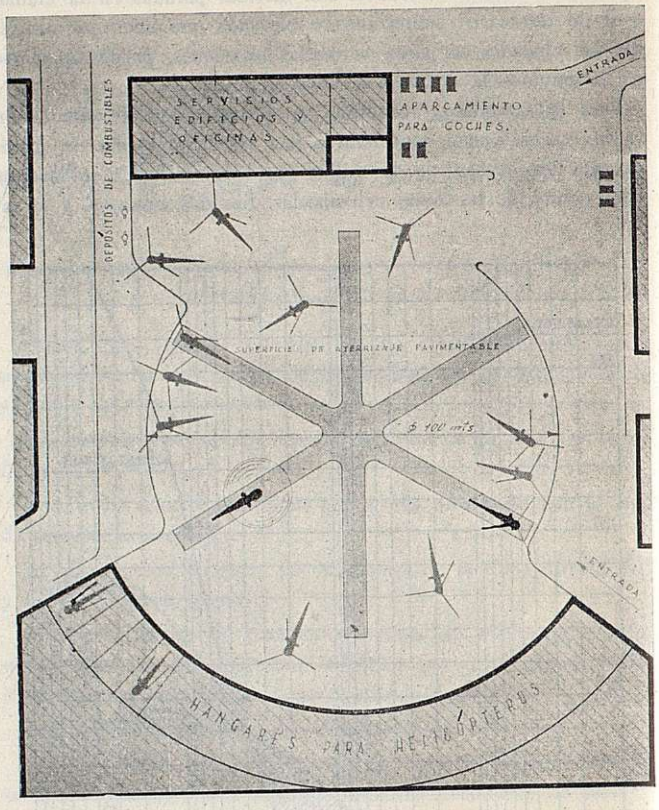


Fig. 3

sabe que en distancias de 10 a 20 metros aterriza un helicóptero, pero hay que tener previsto los casos de avería de motor que obligue a un aterrizaje forzoso, o, lo que es más grave aún, avería de motor en el despegue; en este caso, debe quedar un amplio margen de pista por delante del helicóptero que acaba de despegar y que pueda ser utilizada en su forzada toma de tierra.

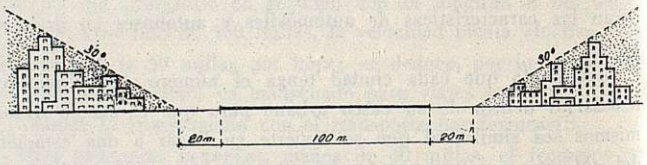


Fig. 4

Estas condiciones de dimensiones y servidumbre de altura son posibles de encontrarse en todos los casos.

Como ejemplo vamos a estudiar la adaptación que podría hacerse en Madrid para que la capital de España quedara bien servida.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

HELIPUERTOS DE MADRID

Con el plano de Madrid a la vista, vamos a buscar espacios libres en los cuales se pueda construir un helipuerto al nivel del suelo que reúna las condiciones anteriormente dichas.

Madrid, por ser la capital de la Nación, por estar centrada con relación a todo el territorio peninsular, y a una distancia, como hemos dicho, de la perfecta óptima para el transporte con helicóptero, debe estar bien dotada de helipuertos, y éstos situados de tal manera que el «*tiempo de pérdida marginal*» no pase de los veinte minutos que hemos fijado para este medio de transporte.

Se adjunta el Plan General de Ordenación de Madrid aprobado por los Organismos competentes y en este plano (Fig. 5) hemos situado diez posibles helipuertos que cubren la totalidad del casco urbano y sus futuros ensanches.

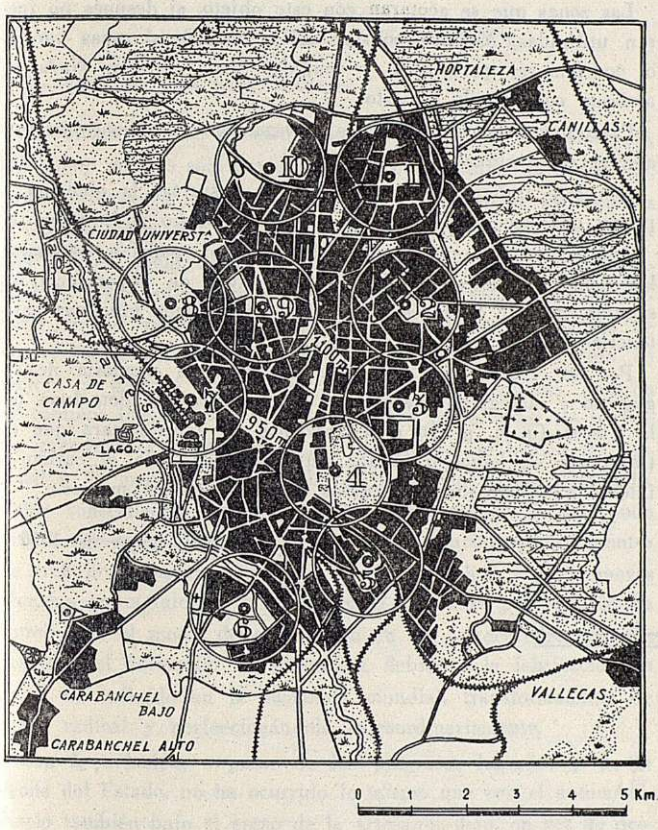


Fig. 5

Se ha situado cada helipuerto en lugares que hoy son despejados y, por tanto, de posible aprovechamiento sin derribar ni modificar construcciones existentes.

Con un círculo de un kilómetro de radio se indica la zona de influencia directa e inmediata a la que sirve cada helipuerto, y, aunque, naturalmente, no queden situados con una regularidad geométrica en el plano, puede decirse que cubren la ciudad de modo que dejan ningún sector habitado de la misma sin un helipuerto próximo al que se pueda llegar por un transporte urbano en pocos minutos.

Con estos diez helipuertos la «*pérdida de tiempo marginal*» será muy inferior a los veinte minutos que se habían fijado, desde cualquier lugar de la ciudad.

Los helipuertos números 1 y 10 del plano, situados a ambos lados de la prolongación de La Castellana, para servir las necesidades de la futura y nueva ciudad proyectada en este eje, emplazados en zonas no habitadas, ni siquiera parceladas, deben ser estudiados para concretar el detalle de su emplazamiento de acuerdo con la Comisaría del Gran Madrid antes de que la urbanización de aquellas zonas se comience a ejecutar, para tenerlos en cuenta en el trazado de calles.

Por estar a ambos lados de La Castellana, que es el eje de la vaguada, se deben elegir puntos elevados en las laderas para que tengan una cota natural despejada. En estos helipuertos cabe modificar bastante su emplazamiento y situarlos donde un estudio detallado aconseje ser más conveniente, al no estar urbanizadas aún estas zonas hay un amplio margen para elegir los emplazamientos definitivos; estos helipuertos serán de gran interés para el futuro, porque servirán al sector más moderno y más poblado de la ciudad, y, además, pueden ser estudiados bien desde un principio para ser construídos en condiciones óptimas.

El helipuerto indicado en el plano con el número 2 se encuentra en una zona en la que también hay todavía muchos espacios libres, en los cuales se pueda estudiar con detalle el emplazamiento definitivo. Situado en el ángulo que forma el Paseo de Ronda (calle de Francisco Silvela), con la gran avenida que sirve de prolongación a la de María de Molina y va hasta el aeropuerto de Barajas, está en un lugar muy interesante, tanto por las vecindades de esta gran avenida, que será la más importante y larga de Madrid, como por el porvenir de esta zona llamada a poblarse rápidamente.

El helipuerto número 3 está emplazado precisamente en el gran espacio libre que aún existe en los terrenos donde estuvo la antigua plaza de toros.

El espacio libre que allí hay en la actualidad es un cuadrado de unos 200 metros de lado, muy capaz para un amplio helipuerto, al lado de la calle de Alcalá, magníficamente enlazado con el centro de la ciudad y rodeado de una zona muy poblada.

El número 4, situado en el espacio libre que hay en el Retiro, próximo a la calle de Alfonso XII, el cual forma un rectángulo despejado de 200 metros en su lado menor, completamente apto para esta instalación, sin necesidad de sacrificar ningún árbol. Este helipuerto, en su zona de influencia inmediata de un kilómetro de radio, comprende la Plaza de la Cibeles, la de Neptuno, la zona de los grandes hoteles, el Museo del Prado, la Estación de Atocha, el Ministerio de Obras Públicas, etc., etc. Sirve, pues, a una parte importantísima de las actividades centrales de Madrid.

El número 5, situado al sur del número 4, en el espacio libre que aún queda entre la red viaria de salida M. Z. A., Estación de las Delicias y ferrocarril de circunvalación, servirá a una zona de gran actividad industrial, muy relacionada con todo el movimiento ferroviario.

El número 6, emplazado en la margen derecha del río Manzanares, al sur de la carretera general de Toledo, serviría la zona de Mercados y a la zona industrial de Madrid, que, como se sabe, debe desarrollarse en dirección sur. Hay una nueva urbanización ya en ejecución en toda esta zona, que une los

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Carabancheles con las carreteras generales de Toledo y de Andalucía, que está llamada a edificarse con rapidez. Debe elegirse para este helipuerto un lugar de cota natural alta para que tenga salidas despejadas, y debe hacerse el estudio del emplazamiento definitivo antes de que la urbanización en marcha entre en fase de edificación y se pueblen las nuevas calles que hay ahora en construcción.

El número 7 se sitúa precisamente en el solar que ocupó el Cuartel de la Montaña. Es éste un punto muy crítico de magníficas condiciones. Por su altura y situación tendrá siempre absolutamente despejadas las entradas y salidas en un sector de más de 180°; situado, además, próximo a la plaza de España, sirve directa y rápidamente al centro más habitado de la ciudad. El helipuerto 7, conjugado con el 4, hacen innecesario el pensar ni remotamente en la necesidad de construir un helipuerto elevado sobre los edificios de la Avenida de José Antonio. Esta Gran Vía queda totalmente servida con distancia tan cortas de recorrido, que los «*tiempos de pérdida marginal*» desde cualquier punto de la misma, quedan reducidos a escasos minutos.

El número 8, de emplazamiento impreciso, está situado para el servicio de la Ciudad Universitaria, y su emplazamiento definitivo debe ser estudiado al detalle contando con los muchos espacios libres que hay en aquellos terrenos.

El número 9 se ha colocado sobre los depósitos de agua del Lozoya, próximos a la calle de Cea Bermúdez. Como estos depósitos están semi-enterrados en elevada y despejada meseta, puede utilizarse la superficie de cubierta de los mismos, reforzando quizá la estructura que tienen actualmente. Si esto fuera muy costoso, podría trasladarse a los terrenos del antiguo cementerio de San Martín, manzana próxima que se ve en el plano, de más elevada cota y dedicada para espacio libre por el Ayuntamiento. Este helipuerto servirá muy bien a los Nuevos Ministerios, que han de ser uno de los centros de más actividad de la capital, y, además, a una zona totalmente poblada ya.

RESUMEN

Se ve, pues, la posibilidad de establecer 10 helipuertos en terreno natural, en espacios libres existentes que sirvan las necesidades de Madrid con amplitud grandísima, previniendo, además, todo el desarrollo por grande que sea que se pueda alcanzar con este tipo de transporte.

No es demasiado caro prevenirlo desde ahora, acotar los terrenos y dejarlos como zonas libres mientras vayan siendo utilizados cuando las necesidades lo requieran.

Se descarta con ello el peligro de que un día hubiera necesidad de derribar un edificio construído, o que afrontar la construcción de una pista artificial elevada, complicada y muy costosa.

Parece ahora un poco remoto y fantástico hablar de helipuertos, cuando ningún helicóptero vuela en estos momentos en España, pero, si es fácil y existen grandes posibilidades de que un día sean necesarios, ¿por qué no hacerlo?

Las zonas que se acotaran con este objeto, si después no fueran utilizadas, siempre podrían ser dedicadas a zonas verdes, o podrían ser parceladas y vendidas para edificar. Nada se arriesga con tenerlo previsto.

Piensen en ello las Entidades y Organismos a quienes puedan afectar estas obras y su utilización.

Con este trabajo solamente se desea despertar la atención y prever una necesidad que quizá no tarde mucho en presentarse.

Análogamente a este tanteo sobre Madrid, podrían estudiarse las demás ciudades de España por orden de importancia, y, seguramente, en todas se encontrarían soluciones prácticas para tenerlas en cuenta desde ahora.

Por ser España la Patria del autogiro, la memoria de su glorioso y malogrado inventor, el ilustre ingeniero don Juan de la Cierva (q. e. p. d), debe servirnos de acicate para que el transporte en helicópteros sea estudiado con todo el cariño e interés que, por sus espléndidas posibilidades, se merece.

Madrid, mayo de 1950

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO



GRUPO VII
SECCIÓN 3.ª

N.º 141. - Desarrollo de la aviación deportiva y de pequeño turismo

Autor: D. ENRIQUE CORBELLA ALBIÑANA
Ingeniero Aeronáutico

1.—CONSIDERACIONES PREVIAS

1.1.—Finalidad en este trabajo

El automóvil nació en manos de artesanos y, en sus principios, fué objeto de lujo sólo asequible a los privilegiados de la fortuna, y que progresaba muy lentamente por lo costoso de los estudios y ensayos necesarios, los cuales eran sufragados por la iniciativa privada. Henry Ford y André Citroën, al lanzar la fabricación en gran serie y poner el automóvil al alcance de la mayoría de las gentes, hicieron cambiar totalmente el estado de cosas que hasta entonces había prevalecido. El vehículo se mejoró y abarató extraordinariamente; las carreteras pasaron de caminos incómodos y llenos de polvo y barro, a ser las perfectas carreteras y pistas modernas; finalmente, el tráfico de personal y de mercancías se facilitó y alcanzó el actual desarrollo. Como consecuencia de todo ello han aumentado (de un modo que a nuestros abuelos habría parecido fantástico) las fuentes de trabajo y riqueza, así como también se han creado nuevas técnicas en metalurgia y construcción de obras públicas, se ha introducido el motor de combustión en los ferrocarriles, etc. En resumen, el desarrollo del automóvil, debido a la fabricación en serie, ha influído en la economía mundial, transformándola de modo radical y perfeccionándola extraordinariamente.

Con la aviación, a pesar de los progresos logrados y de la ayuda del Estado, no ha ocurrido lo mismo que con el automóvil. Nació también bajo el signo de la artesanía pero, en vez de desarrollarse por sí misma a consecuencia de la demanda de aparatos por el particular, enfocó su vida a los pedidos de los gobiernos, bien para las necesidades de los ejércitos, bien para las líneas aéreas, en su mayoría, subvencionadas o protegidas por el Estado. La aviación popular, la que daría origen a cientos de miles de pedidos, ha sido olvidada o no le han prestado la atención que, en nuestra opinión, le es debida. Este trabajo tiende a estudiar este problema, haciendo resaltar su estado actual y exponiendo unas cuantas ideas para contribuir a formar un estado de opinión que tienda a encauzar los esfuerzos, hoy día dispersos y desorientados, de cuantos, como nosotros, tienen fe en la aviación privada y desean para ella un desarrollo, por lo menos, parecido al del automóvil.

1.2.—Las tendencias del vuelo sin motor

La aviación sin motor es quizá el más barato y el mejor medio de popularizar la aviación y de conseguir una perfecta formación de los pilotos. Su utilización es puramente deportiva o para fines de enseñanza, pero tiene también gran importancia para el estudio en vuelo de nuevos perfeccionamientos o sistemas.

Para la enseñanza se emplean, desde hace mucho tiempo y sin apenas sufrir transformaciones, los planeadores elementales del tipo Zogling, o derivados. Estos aparatos tienen la ventaja de su economía, facilidad de construcción, robustez y posibilidad de repararse con escasos medios por personal no especializado. Es difícil prever, hoy por hoy, que tales aparatos puedan sufrir grandes transformaciones.

Existen dos modalidades en la enseñanza elemental del vuelo sin motor: la del planeador monoplaza, en que el alumno vuela solo desde el primer momento, y la del planeador biplaza en que el alumno practica el doble mando con el profesor sentado a su lado o detrás de él. Poco cabe decir sobre estas dos modalidades de enseñanza; el planeador monoplaza será, en general, más económico y se empleará preferentemente en aquellos sitios en que se disponga de terreno apropiado, cercano a la población y bien orientado a los vientos más frecuentes en la localidad; el planeador biplaza, más caro de construcción, lo es también de empleo, por practicar principalmente el vuelo remolcado, y se empleará en aquellos sitios en los que no haya colinas en condiciones, pero donde se disponga de un aeródromo o de un campo que pueda sustituirlo.

Para la enseñanza de vuelo a vela se emplean veleros de escuela que también pueden ser monoplazas o biplazas, y también es el terreno quien dará la preferencia a uno u otro tipo.

El velero monoplaza de escuela puede ser de alas en voladizo como el S. Ambrogio italiano (Fig. 1.1.), o de ala alta tornapuntada como el Grunan Baby alemán (Fig. 1.2.) y el «R-16 Lepke» (Fig. 1.8). Ambos tipos suelen ser totalmente de madera, con revestimiento de tela, pero también pueden ser mixtos, es decir, con el fuselaje constituído por una estructura de tubo de acero. Su envergadura no suele exceder de 14 metros y su órgano de aterrizaje es el clásico patín provisto de amortiguadores.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Los veleros biplazas de escuela pueden ser de dos tipos: biplaza en «tandem» o biplaza lado a lado; el primero (Fig. 1.3) tiene la ventaja de ser más fino, pero el tripulante, sentado en el asiento posterior, no tiene buena visibilidad; el segundo (Fig. 1.6) tiene visibilidad excelente para ambos tripulantes, pero es menos fino, debido a la mayor sección maestra de la camarita, aún recurriendo al artificio empleado por Hirt en su «Goevier» (Fig. 1.4) consistente en que los brazos y hombros de los tripulantes se introduzcan en los carenados de la unión del ala al fuselaje. Ambos tipos suelen ser de alas en voladizo. El fuselaje puede estar construído totalmente de madera, o estar constituído por una estructura de tubo revestida de tela. El tren de aterrizaje puede ser de patín, o de patín con una rueda central. Su envergadura suele oscilar entre 15 m. y 20 m.

Respecto a los veleros de concurso debemos hacer hincapié en la variedad de fines que dichos concursos pueden fijar. En los primeros años fué el vuelo orográfico sobre ladera; sigue

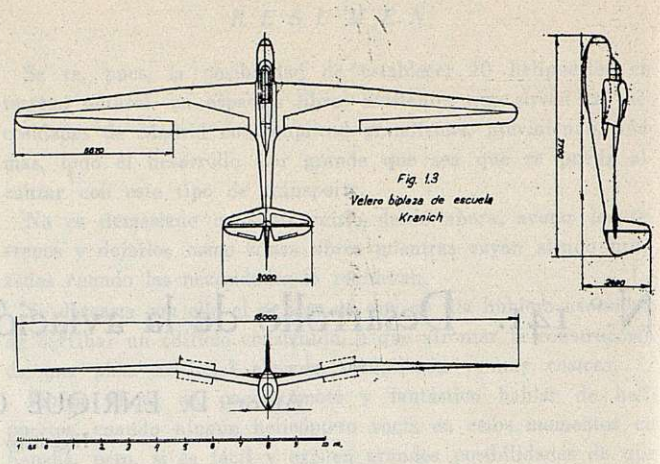


Fig. 1.3
Velero biplaza de escuela
Kranich

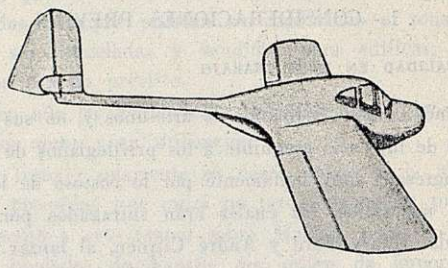


Fig. 1.6

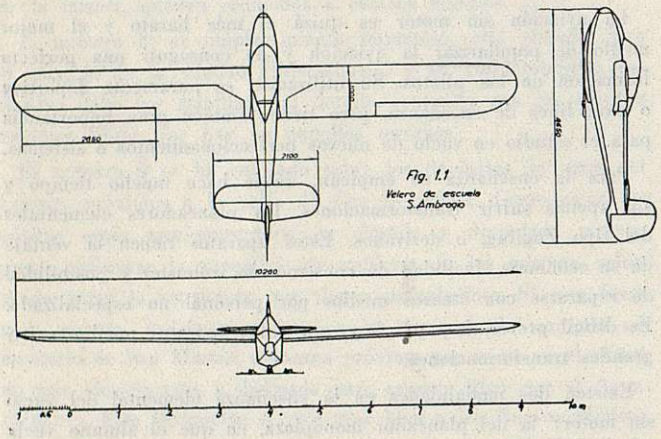


Fig. 1.1
Velero de escuela
S.Ambrogio

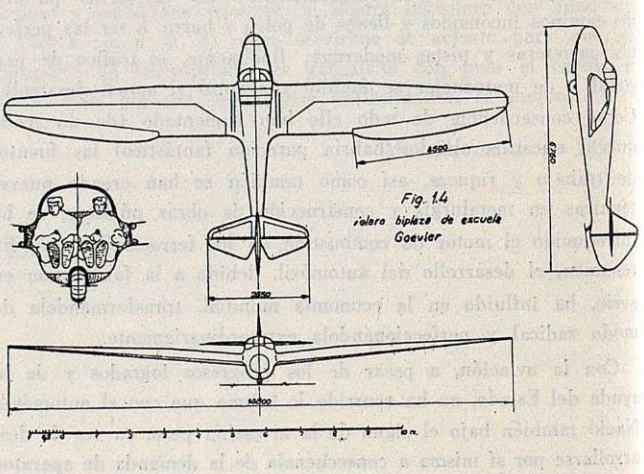


Fig. 1.4
Velero biplaza de escuela
Goevier

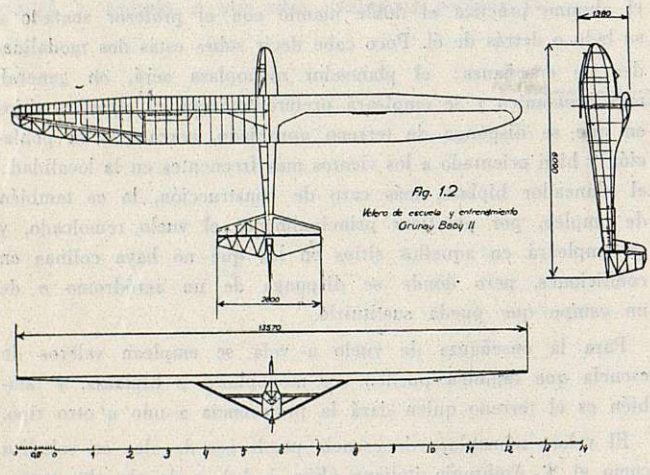


Fig. 1.2
Velero de escuela y entrenamiento
Grunau Baby II

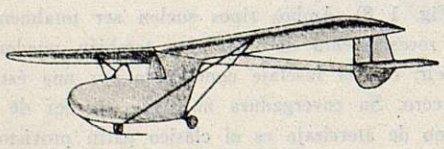


Fig. 1.8

a continuación el vuelo térmico bajo nubes «cúmulus» y en frentes tormentosos; últimamente aparecen los vuelos en «viento térmico» y en «térmica oceánica», que permiten los vuelos a gran distancia. Los concursos pueden en la actualidad clasificarse en las siguientes clases:

De altura.
De duración.
De distancia.
De puntuación

y los aparatos deberán reunir distintas condiciones según a cual de ellos deben concurrir.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

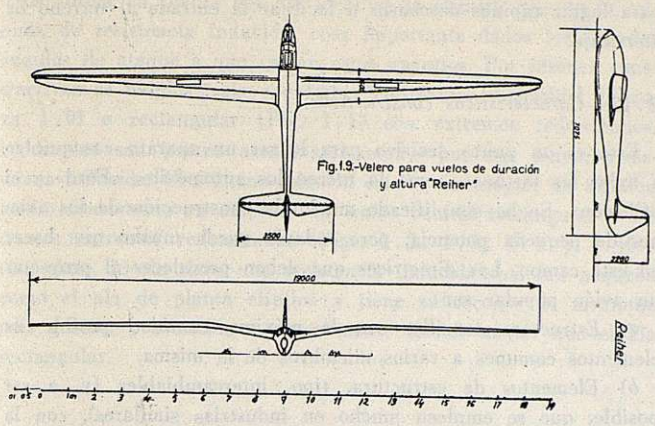


Fig.1.9.-Velero para vuelos de duración y altura "Reiher"

Vuelos de altura.

Un velero destinado a alcanzar marcas de altura debe poseer una velocidad vertical de descenso mínima; por lo tanto, será un aparato muy poco cargado por metro cuadrado de ala y de gran alargamiento. Si el vuelo debe hacerlo en ascendencias térmicas bajo nubes o en «pompas» deberá, además, ser de pequeña envergadura, para tener gran manejabilidad, condición opuesta al gran alargamiento. Son aviones para estas clases de vuelo el Reiher (Fig. 1.9).

Vuelo de duración.

Corresponde al vuelo las mismas características que para los destinados al vuelo de altura.

Vuelo de distancia.

Estos veleros (Fig. 1.5) deben poseer gran velocidad de vuelo, para recorrer la mayor distancia posible en las horas hábiles para el vuelo a vela. Por lo tanto, tendrán que tener una gran «separación de velocidades», es decir, deberán ser aptos para volar lentamente y con velocidad vertical de descenso pequeña, durante los momentos en que aprovecha las corrientes ascendentes para ganar altura. Además, cuando no haya tales corrientes, o

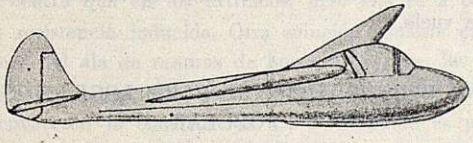


Fig. 1.5

se presenten corrientes descendentes, debe poder volar a gran velocidad con una pendiente de planeo muy pequeña, para recorrer la máxima distancia con la menor pérdida de altura.

La manejabilidad exige pequeña envergadura; la gran velocidad pide una carga alar grande y elevada finura; la pequeña velocidad de descenso reclama una carga alar pequeña y un alargamiento de ala grande. Como puede verse, algunas de estas condiciones son contradictorias y un buen acomodo entre ellas está representado por el velero suizo WLM-1 (Figura 1.5). Tienen envergaduras de 13 m. a 16 m. y cargas alares de 17 Kgs/m^2 a 24 Kgs./m^2.

Vuelo de puntuación.

En esta clase de vuelo, se dan puntos por distancia, retorno al punto de partida, paso por punto fijo, velocidad, altura, duración, etc., y con arreglo a una fórmula, que varía de un concurso a otro, se obtiene la puntuación final. Hoy día parece que los aviones que mejor responden a ésto son el WLM-1 (Fig. 1.5) y el Meise (Fig. 1.7). Suelen tener envergadura de 14 m. a 18 m. y cargas alares de 16 Kgs/m^2 a 22 Kgs/m^2.

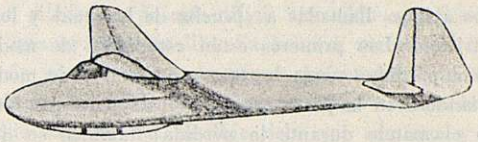


Fig. 1.7

1.3.—Las tendencias de la aviación deportiva y de pequeño turismo

Hasta hace pocos años puede decirse que no existía la aviación privada, tanto desde el punto de vista deportivo como de utilización general. La causa de ello estribaba en que los aviones se proyectaban con arreglo a las tendencias que regían para los aviones militares y de transporte. Así se producían aparatos pesados que precisaban mucha potencia y resultaban excesivamente caros, no sólo de adquisición, sino también de entretenimiento y utilización.

Los pequeños aviones Aeronca y Taylor-cup del decenio pasado fueron los primeros que orientaron el proyecto hacia el avión popular, que puede ser empleado por los particulares como pequeño turismo o medio de trabajo, tal como ocurre hoy día en Norteamérica y Canadá, donde el avión de pequeña potencia (50 c. v. a 80 c. v.) es utilizado en gran escala por los hombres de negocios, granjeros, deportistas, etc.

El primer y fundamental paso fué abaratar la construcción de los aparatos y simplificar su estructura para hacer fáciles el entretenimiento y reparación de los mismos por personal no especializado.

Hoy día representan a esta clase de aviones un gran número de aparatos biplaza de los que los más populares son los «Piper», «Cessna», «Ensing», «Ercoupe», etc., que pueden venderse relativamente baratos debido a las series suficientemente grandes que se fabrican. Son, indiferentemente, de ala alta o de ala baja.

La orientación actual es simplificar no sólo la construcción, sino también el manejo del avión. Así, muchos de estos aviones llevan el llamado «doble mando», que consiste en combinar los de alabeo y de dirección de modo que pueden suprimirse los pedales; basta el giro del volante (o movimiento lateral de la palanca) para accionar al mismo tiempo los alerones y timón de dirección en la cantidad precisa para obtener los virajes convenientes. Esto simplifica el pilotaje e impide que el piloto pueda cometer la falta de «cruzar mandos», que tantas desgracias ha ocasionado; en cambio, tiene el inconveniente de impedir los «resbalamientos de ala», necesarios para perder altura rápidamente y para aterrizar

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

con viento de costado: este inconveniente se ha salvado haciendo desembragable el «doble mando» y empleando los clásicos pedales. De este modo en vuelo normal el piloto vuela con el «doble mando» pilotando sólo con las manos; al ir a aterrizar puede, en caso necesario, desembragar el «doble mando» y pilotar con pies y manos, en la forma clásica.

El gran número de pilotos que vuela por necesidades de su trabajo, buscando en la aviación un rápido medio de transporte, sin sentir afición a ser excelentes pilotos, obliga a los fabricantes no sólo a simplificar el pilotaje, sino también a hacerlo más seguro logrando aparatos que «no permitan al piloto las equivocaciones». Esto es tan importante en vuelo como en el despegue y en la toma de tierra; así cada día van gozando de más popularidad los aviones llamados a «prueba de barrena» y los dotados de tren triciclo. Los primeros están estudiados de modo que la entrada «en pérdida» tenga lugar suavemente, y de modo progresivo, iniciándose en la parte central del ala para que los alerones conserven el mando durante la pérdida; también se dimensiona debidamente la superficie del empenaje vertical para suprimir la inestabilidad en los virajes. El empleo del tren triciclo facilita la rodadura del avión por el suelo, de tal modo que el despegue y aterrizaje dejan de ser maniobras difíciles y que sólo podrían realizar a la perfección pilotos excelentes; finalmente, el empleo del tren triciclo permite utilizar potentes frenos y reducir la longitud de rodadura al aterrizar sin peligro de capotar, lo cual consiente el empleo de campos más reducidos. Otro perfeccionamiento que se impone es el empleo de «flaps», u otros hipersustentadores, para aumentar la pendiente y la velocidad en el planeo de aproximación al campo de aterrizaje.

2.—CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN REUNIR LOS AVIONES DEPORTIVOS Y DE PEQUEÑO TURISMO

2.1.—Características comunes a todos los tipos.

Cualquiera que sea su utilización, todos los aviones destinados a popularizar la aviación entre el gran público, deben satisfacer las condiciones generales que exponemos a continuación.

2.11.—*Características aerodinámicas.*

Para que los aviones sean seguros y económicos, cualidades esenciales que deben prevalecer sobre otra consideración, deben cumplir las siguientes condiciones:

a) Gran finura aerodinámica que permita recorrer la mayor distancia posible para buscar un campo apropiado al aterrizaje en caso de parada del motor, o para alcanzar otra corriente ascendente si se trata de un avión sin motor.

b) Separación de velocidades grandes para permitir gran velocidad de crucero y pequeña velocidad de aterrizaje.

c) Imposibilidad de entrada en «pérdida» involuntaria por defecto de pilotaje.

d) Estabilidad direccional apropiada para impedir la entrada en «barrena» y tendencia a salir rápidamente de ella en caso de producirse accidentalmente.

e) Estabilidad longitudinal grande, sin entorpecer la capacidad de maniobra del avión, para permitir un pilotaje descansado y agradable.

f) Posibilidad de aumentar, a voluntad, la pendiente de planeo para lograr rápidos descensos o facilitar la entrada al terreno de aterrizaje.

2.12.—*Características constructivas.*

Este es un punto decisivo para lograr un aparato «asequible» a todas las fortunas, como lo fueron los automóviles «Ford» y el «Citroën». Se ha simplificado mucho la construcción de los aviones de pequeña potencia, pero todavía queda mucho que hacer en este campo. Las directrices que deben prevalecer al proyectar un avión popular son:

a) Estructura sencilla, con la máxima cantidad posible de elementos comunes a varios miembros de la misma.

b) Elementos de estructura, tipo, intercambiables (y, a ser posible, que se empleen mucho en industrias similares), con la máxima sencillez de fabricación.

c) Estructura racional que, en su utilización, esté sometida a esfuerzos perfectamente conocidos y asequibles al cálculo o a ensayos estáticos de garantía.

d) Resistencia suficiente a los esfuerzos que originan los vuelos, aterrizajes y maniobras en el suelo.

e) Empleo de materiales de fácil adquisición en el comercio nacional, y de garantía en su homogeneidad y propiedades mecánicas y resistencia a los agentes atmosféricos.

2.13.—*Características de utilización.*

Afectan a la seguridad y comodidad de pilotaje, y son las más importantes:

a) Simplificación del pilotaje, al máximo, para que cualquiera pueda volar sin necesidad de largo aprendizaje.

b) Posibilidad de tomar tierra y de despegar en campos pequeños, terrenos de labor o campos desiertos, rodeados de obstáculos y con piso desigual.

c) Facilidad de puesta en marcha.

d) Seguridad de funcionamiento del grupo motor-propulsor y órganos de los mandos de vuelo.

e) Visibilidad perfecta desde el puesto de pilotaje.

f) Camarita cómoda y agradable.

g) Pilotaje cómodo, agradable y que no exija grandes esfuerzos o sostenida atención.

h) Entrada y salida de la camarita fáciles, tanto en tierra como en vuelo.

3.—POSIBLES SOLUCIONES PARA LOGRAR EL AVIÓN POPULAR

3.1.—Aviones sin motor.

Como ya vimos en el párrafo 1.2 son muy distintas las condiciones que deber reunir los planeadores y los veleros, según el tipo de vuelo a que se destinan; sin embargo, en todo proyecto de tales aparatos deben presidir las siguientes directrices, destinadas a cumplir las condiciones expuestas en el capítulo 2.

3.11.—*Punto de vista aerodinámico.*

Los perfiles empleados en las alas deberán ser los que, con espesor suficiente, proporcionen al aparato un coeficiente de planeo y cualidad sustentadora máximos.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

La forma en planta del ala ideal es la elíptica que da la mínima de resistencia inducida, cosa importante dados los grandes ángulos de ataque a que vuelan estos aparatos. Por razones constructivas se emplean alas de forma en planta trapezoidal (Figura 1.9) o rectangular (Fig. 1.1) con extremos redondeados, las cuales son peores aerodinámicamente por dar mayor resistencia inducida. Una buena solución estriba en adoptar un término medio consistente en emplear un tramo central rectangular y los tramos extremos redondeados (Figs. 1.2., 1.3., 1.4. y 1.10); esta clase de ala tiene una resistencia inducida casi tan pequeña como el ala de planta elíptica y tiene su sección de arranque más gruesa, y sometida a un momento flector menor que el ala rectangular.

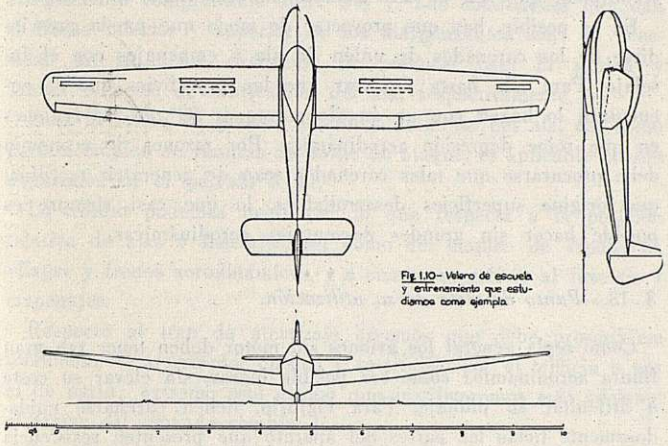


Fig. 1.10.- Velero de escuela y entrenamiento que estudiamos como ejemplo.

La forma en planta rectangular tiene la ventaja de que, en ella, la pérdida de sustentación se produce antes en el centro que en los extremos, lo cual da una polar suave y aplanada en su parte superior, pero, además, se conserva el mando lateral en la región de la pérdida.

El ala de forma trapezoidal inicia la pérdida por los extremos, lo que hace inmanejable al avión cuando éste vuela en las proximidades de la pérdida de velocidad. Este inconveniente se salva dando torsión negativa al ala para lograr que la pérdida se inicie antes en el centro que en los extremos, pero ello es a costa de aumentar la resistencia inducida. Otra solución consiste en dotar a los extremos del ala de ranuras de borde de ataque, las cuales, si son fijas, acrecen la resistencia de perfil del ala y, si son mandadas, encarecen la construcción. Si el despunte es pequeño es preferible dar torsión negativa al ala; si el despunte es grande, resulta ventajoso el empleo de ranuras de borde de ataque fijas.

El ala elíptica es la de menor resistencia inducida, pero en ella, si no se le da una pequeña torsión negativa, se produce la pérdida en los extremos antes que en el centro, debido a que los primeros tienen un número de Reynolds menor.

Por lo que respecta a la posición relativa de las alas y el fuselaje, la mejor solución, aerodinámicamente hablando, es la del ala alta. No obstante, cuando el ángulo, entre la cara lateral del fuselaje y el trasdós del ala, es igual o mayor que 90º, el ala media o baja puede ser igual o superior al ala alta. Si el referido ángulo es menor de 90º puede obtenerse el mismo rendimiento que con el ala alta, si al ala baja se la dota de carenados, de unión al fuselaje, amplios y bien estudiados.

Los alerones deben ser de mando diferencial para disminuir el efecto de «arrastre de alerón» que puede llegar a ser importante por el considerable brazo de palanca inherente a los grandes alargamientos.

Es muy conveniente el empleo de «spoilers» para ayudar a la acción de alabeo de los alerones disminuyendo, al mismo tiempo, el arrastre de alerón.

También es un buen criterio dotar al ala de frenos aerodinámicos que permitan, a voluntad, aumentar la pendiente de planeo y limitar la velocidad de picado.

El fuselaje de menor resistencia será el de sección maestra redondeada, si bien es de más difícil ejecución que el de sección poligonal, que es más sencillo. Su sección maestra debe ser lo más pequeña posible y que contornee perfectamente al tripulante para disminuir la resistencia al avance. Con este mismo objeto la superficie exterior del fuselaje debe ser continua y lisa, sin presentar cambios bruscos de dirección.

En algunos veleros, especialmente en los americanos actuales, el fuselaje es del tipo «nuevo» (Fig. 1.6 y 1.8) que resulta más fino que el clásico, si bien a costa de mayor dificultad constructiva.

La camarita debe ser del tipo llamado condución interior, para disminuir la resistencia al avance. Puede ser del tipo «burbuja» (Fig. 1.1 y 1.10), formar un escalón del fuselaje o (Figs. 1.4 y 1.7) estar incluída en éste (Fig. 1.9). Esta última es la mejor desde el punto de vista aerodinámico, pero goza de mala visibilidad. La más práctica, por constituir un buen término medio, es la del tipo «burbuja».

Es preferible el uso de un patín, para tren de aterrizaje, al empleo de rueda. Esto es cierto, sobre todo, cuando el patín puede replegarse, quedando pegado a la quilla del aparato sin romper la continuidad de las líneas del fuselaje.

Convendrá evitar siempre que se pueda el tornapuntar las alas y, cuando esto sea indispensable, deberá hacerse por su parte inferior, los tornapuntas deberán ser fuselados y sus uniones al fuselaje y al ala deberán carenarse cuidadosamente.

Los empenajes conviene que estén alejados de las alas, y en especial, el empenaje vertical se situará y proyectará de tal modo que la «sombra aerodinámica» del empenaje horizontal le afecte lo menos posible. Una buena solución es el doble empenaje vertical, pero todavía es preferible el empenaje en V.

3.12.—*Punto de vista constructivo.*

Es el más importante desde el punto de vista económico que es también el de la divulgación de la aviación popular, y en el que cabe esperar más modificaciones y perfeccionamientos.

La cuestión de si la construcción debe hacerse a base de madera, mixta o metálica, creemos que no cabe discutirla. En los prototipos o series pequeñas, la solución más económica es la de «totalmente de madera», pues los conformadores y útiles de montajes, precisados por esta modalidad de construcción, son baratos y fáciles de improvisar, al propio tiempo que de escasa duración. En cambio, en las grandes series, la solución más económica será la de «totalmente metálica» que exige muchos y costosos útiles, que tienen vida larguísima, los cuales sólo pueden

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

amortizarse con grandes series; no obstante, el empleo de estos útiles permitirá abaratar la producción en forma análoga a lo ocurrido con el automóvil.

Las alas más baratas son, indudablemente, las rectangulares, por ser idénticas todas las costillas y por la constancia de altura de los largueros. A éstas siguen en economía las alas con tramo central recto y extremos trapezoidales. Las trapezoidales resultan algo más caras y, finalmente, las más costosas son las elípticas.

Las alas de una sola pieza son más ligeras y económicas que las que se empalman en el fuselaje, o se empotran en los costados de éste, por evitar los herrajes costosos que tales uniones exigen.

En general son preferibles las alas monolarguero a las de dos o más largueros, no sólo por resultar más económicas y ligeras, sino también por permitir un cálculo de esfuerzo rigurosamente exacto, lo que contribuye a aumentar la seguridad.

Constituye una tendencia equivocada, en los veleros «todo madera», el proyectar los bordes de ataque a base de contrachapeado de abedul de primerísima calidad y de espesores reducidísimos, pues ello trae consigo aumentar el número de las costillas de borde de ataque, lo que encarece el ala, no sólo por el mayor precio del contrachapeado, sino también por tener que fabricar más costillas. Lo adecuado es emplear contrachapeado más grueso y ligero, de okume o balsa, que, por su mayor espesor, permitirá emplear menor número de costillas sin que se produzcan pandeos locales del revestimiento; además, estos contrachapeados son más económicos de adquisición y, especialmente el okume, no obligan a importarlos del extranjero.

En las alas «totalmente metálicas» convendrá fabricar la estructura de dural o electrón, por embutición y soldadura (tipos Redux, Araldite, etc.), evitando en lo posible la mecanización y remachado. Así las costillas y largueros se construirán a base de chapas y perfiles laminados corrientes en el mercado. El revestimiento se hará preferentemente de electrón, si éste no es más caro que el dural, pues el mayor espesor posible del mismo, permitirá reducir el número de costillas. La parte de ala que vaya revestida de chapa metálica podrá aumentarse aún más la separación de las costillas reduciendo el coste, si a la citada chapa se la provee de nervios (obtenidos por estampación al mismo tiempo de conformarla), que aumenten su rigidez a los pandeos locales. Un ejemplo de esto último son los alerones y timones de las modernas avionetas «Luscombe». Finalmente, disponiendo las costillas de modo que, en planta, forme una viga Worren con los largueros (avioneta Ercoupe), se disminuye el número de costillas y se aumenta la resistencia a la torsión, del ala, lo que se traduce en disminución de los esfuerzos de torsión, que actúan sobre el revestimiento del borde de ataque y permite una mayor separación de las costillas del mismo.

Cuanto acabamos de exponer para las alas es aplicable a los empenajes.

Los fuselajes de madera resultarán más económicos si son de sección poligonal. No obstante, cuando sean de sección redonda pueden abaratarse mucho, en el caso de grandes series, logrando la doble curvatura del revestimiento por prensado en caliente en prensas de «vejiga de aire». En los metálicos será preferible la estructura de tubo, revestida de tela, en el caso de pequeñas series; en cambio, en el caso de series importantes, será más económico obtener la doble curvatura de los paneles por estampación y uniendo éstos, entre sí, y a las cuadernas y largueros, mediante soldadura del tipo Araldite, en vez de hacerlo por medio de remaches.

El tren de aterrizaje de los planeadores y veleros que deban lanzarse con «sandows», u otros sistemas de catapulta, debe ser el de patín clásico. En los que deban ser remolcados será preferible combinar el patín con una rueda, colocada debajo del centro de gravedad del aparato (Fig. 1.4) para facilitar el despegue. Quizá sea mejor solución emplear un tren lanzable, que se utilizaría sólo para el despegue, de modo que queda luego el avión provisto de patín para el aterrizaje. Los trenes replegables de ruedas no son prácticos por su enorme coste, mayor peso, resistencia al avance de las puntas de sus «capós» y por no ser tan prácticos como el patín en los aterrizajes fuera del aeródromo, que son el caso general en esta clase de aviones.

En lo posible, hay que proyectar de modo que pueda prescindirse de los carenados de unión de ala y empenajes con el fuselaje. Para ello basta procurar que las superficies que se encuentran lo hagan con un ángulo mayor de 90° en las regiones en que reine depresión aerodinámica. Por razones de economía debe procurarse que tales carenados sean de generatriz rectilínea, que origine superficies desarrollables, lo que casi siempre es posible hacer sin grandes desventajas aerodinámicas.

3.13.—*Punto de vista de su utilización.*

Como regla general los aviones sin motor deben tener tan gran finura aerodinámica como sea posible lograr, sin elevar su coste o dificultar su pilotaje. Para lograrlo, deben carenarse cuidadosamente todas las partes del aparato que presenten resistencia al avance o produzcan interacciones; las alas deberán ser de gran alargamiento y, por lo tanto, de envergadura elevada. Tanto la superficie como el alargamiento del ala quedarán fijados por la clase de vuelo a vela que vaya a realizarse.

Para tomar tierra o despegar en campos pequeños o improvisados, lo mejor es dotar al ala de «flaps» que reduzcan la velocidad de planeo o de despegue, frenos aerodinámicos que aumenten la pendiente de planeo al ir a tomar tierra, y aterrizador de patín que frene rápidamente el avión en el suelo y le permita salvar todos los obstáculos normales en un mal piso, tales como surcos, agujeros, piedras, etc.

La buena visibilidad, así como la fácil entrada y salida de la camarita, se logran perfectamente mediante una camarita del tipo «burbuja», lanzable en vuelo para el caso de tener que utilizar el paracaídas.

La comodidad de pilotaje se logrará dimensionando convenientemente todas las superficies de los mandos y compensando la reacción en la palanca para que ésta tienda a picar ligeramente en el ángulo de ataque correspondiente al planeo máximo. También será útil a este respecto el empleo del «doble mando» desembragrable.

3.2.—AVIONES CON MOTOR.

Las condiciones que debe reunir una avioneta se diferencia bastante de las que corresponden a los veleros, en el sentido de que, en el caso de aviones con motor, no se precisan tantas variedades de tipos como en el caso de veleros. A continuación

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

exponemos las soluciones que corresponden a las condiciones generales expuestas en el capítulo 2.

3.21.—*Punto de vista aerodinámico.*

El perfil del ala se eligirá de modo que proporcione la máxima velocidad horizontal y de subida en el vuelo de crucero, así como también la mínima velocidad en el aterrizaje, sin producir excesivos momentos de torsión al ala.

El alargamiento del ala será considerablemente menor que en los veleros, así en las avionetas de muy poca potencia (25 c. v. para las monoplazas y 40 c. v. para las biplazas) variará entre 7 y 9, mientras que las normales (35 c. v. a 50 c. v. en las monoplazas y 60 c. v. a 90 c. v. en las biplazas) sólo se tomará un alargamiento comprendido entre 6 y 7. Las condiciones que dan el límite inferior y superior de los alargamientos son: la necesidad de suficiente excedente de potencia para la subida y limitar el coste de fabricación del ala, respectivamente.

Para la forma en planta, torsión y despunte del ala, así como para el empleo de ranuras de borde de ataque, es aplicable cuanto expusimos en el párrafo 3.11.

Lo mismo podemos decir por lo que respecta a la posición relativa de alas y fuselajes, así como del empleo de «spoilers», «flaps» y frenos aerodinámicos, y a cuanto se refiere al fuselaje y empenajes.

Respecto al tren de aterrizaje creemos que debe proscribirse totalmente el aterrizador clásico y sustituirlo por el triciclo o por el de patín; extremo este último que justificaremos más adelante al tratar del «mando combinado».

Para el fuselaje es aplicable todo lo dicho en el párrafo 3.11, y lo mismo podemos decir respecto a los empenajes, salvo que, en el caso de un avión con motor, la finura aerodinámica, con ser conveniente e importante, es de carácter secundario respecto a la condición de obtener un coste de fabricación reducido.

3.22.—*Punto de vista constructivo.*

Excepto en lo que afecta al tren de aterrizaje, es aplicable la totalidad de lo dicho en el párrafo 3.12 para los aviones sin motor.

El motor debe suspenderse elásticamente para evitar la transmisión de vibraciones peligrosas o, simplemente, molestas.

El tren de aterrizaje debe ser sencillo, de tipo fijo, con amortiguadores de goma u óleo-neumáticos y se deben proscribir los amortiguadores de muelle por existir peligro de rotura, y los trenes replegables, por ser caros y aumentar el peso.

3.23.—*Punto de vista de la utilización.*

La puesta en marcha del motor debe ser cómoda y segura. Está indicado el empleo de motor de arranque alimentado por batería para evitar el peligro que existe al lanzar la hélice a mano o la incomodidad que supone la puesta en marcha de inercia.

La situación de la hélice influye mucho en la seguridad de los tripulantes y del personal de tierra que ayuda a las maniobras. La hélice tractora (Fig. 1.12) es peligrosa en aquellos aparatos en los que el acceso a la camarita se efectúa por delante del ala; también lo es, aunque en menor grado cuando se sube a la camarita por detrás del ala. La seguridad mayor se obtiene con la hélice impulsora (Fig. 1.13) que, además tiene la ventaja de que la situación de las vigas de reunión de los empenajes al ala, impide el acceso inadvertido a las inmediaciones de la hélice.

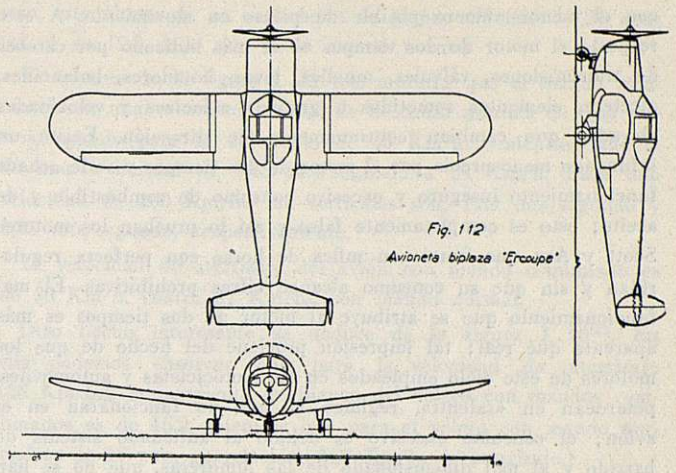


Fig. 1.12
Avioneta biplaza "Ercoupe"

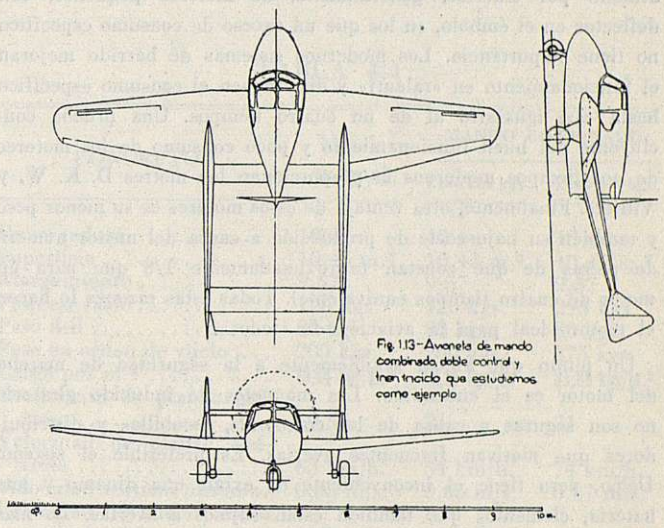


Fig. 1.13—Avioneta de mando combinado, doble control y tren triciclo que estudiamos como ejemplo

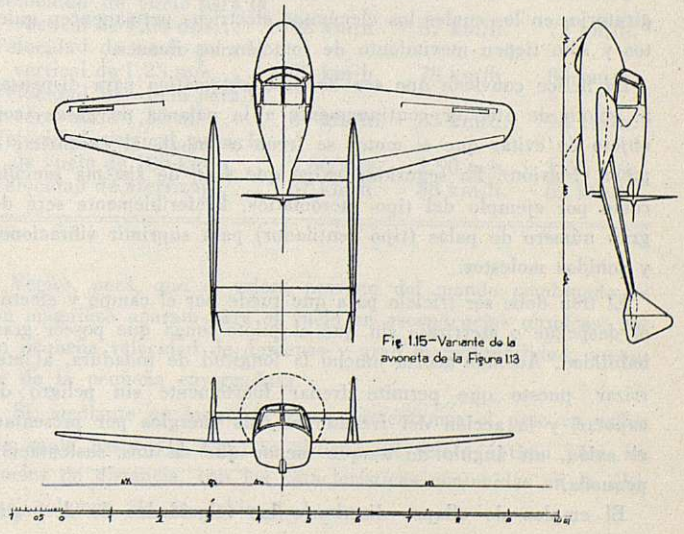


Fig. 1.15—Variante de la avioneta de la Figura 1.13

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

La seguridad de vuelo depende mucho de la de marcha del motor, que debe ser perfecta, para evitar aterrizajes forzosos, peligrosos en la mayoría de los casos. Para obtener un motor seguro es preciso elegirlo entre los producidos por los fabricantes de mayor garantía, y, además, que sea de la máxima sencillez, y con el menor número posible de piezas en movimiento. A este respecto el motor de dos tiempos es el más indicado por carecer de transmisiones, válvulas, muelles, levas, botadores, balancines, etcétera, elementos sometidos a grandes esfuerzos y velocidades elevadas que cambian continuamente de dirección. Existe un infundado menosprecio por el motor de dos tiempos y se le achaca funcionamiento inseguro y excesivo consumo de combustible y de aceite; esto es completamente falso y así lo prueban los motores Scott y Ava que funcionan miles de horas con perfecta regularidad y sin que su consumo alcance cifras prohibitivas. El mal funcionamiento que se atribuye al motor de dos tiempos es más aparente que real; tal impresión proviene del hecho de que los motores de este ciclo empleados en las motocicletas y automóviles, petardean en «ralentí», régimen al que no funcionarán en el avión; el consumo excesivo es debido al anticuado sistema de barrido y al mal dimensionado de las lumbreras, que no se han afinado por tratarse, generalmente, de motores pequeños, con deflector en el émbolo, en los que un exceso de consumo específico no tiene importancia. Los modernos sistemas de barrido mejoran el funcionamiento en «ralentí» y disminuyen el consumo específico hasta casi igualarlo al de un cuatro tiempos. Una prueba concluyente del buen funcionamiento y poco consumo de los motores de dos tiempos modernos la proporcionan los motres D. K. W. y Villiers. Finalmente, otra ventaja de estos motores es su menor peso y también su bajo coste de producción a causa del menor número de piezas de que constan (aproximadamente 1/3 que para un motor de cuatro tiempos equivalente). Todas estas razones lo hacen el motor ideal para la aviación de «todos».

Un punto que afecta grandemente a la seguridad de marcha del motor es el encendido. Las magnetos de inducido giratorio no son seguras a causa de los colectores, escobillas y distribuidores que motivan frecuentes averías. Es preferible el sistema Delco, pero tiene el inconveniente de exigir una dínamo y una batería, elementos que también están sujetos a averías. Lo más seguro es emplear volantes magnéticos o magnetos de imán giratorio, en los cuales los elementos eléctricos permanencen quietos y sólo tienen movimiento de rotación los imanes.

La hélice conviene que sea de paso automático para dispensar al piloto de atender continuamente a la palanca de gases (con objeto de evitar que el motor se frene o embale al encabritar o picar el avión). La seguridad exige que sean de sistema sencillo como por ejemplo del tipo «aeromatic». Preferiblemente será de gran número de palas (tipo ventilador) para suprimir vibraciones y sonidos molestos.

El tren debe ser triciclo para que ruede por el campo y efectúe el despegue o aterrizaje sin que el piloto tenga que poseer gran habilidad. Además acorta mucho la longitud de rodadura, al aterrizar, puesto que permite frenar fuertemente sin peligro de capotar, y la acción del frenado es más enérgica por presentar, el avión, un ángulo de ataque menor que da una sustentación pequeña.

El empleo de «flaps» disminuye las velocidades de despegue y de aterrizaje y hace estas maniobras más fáciles y menos peligrosas.

Los frenos aerodinámicos permiten al avión planear con un ángulo menor y, por lo tanto, reducen la distancia recorrida desde que se pasa un obstáculo hasta el momento de tocar el suelo en el aterrizaje.

Por lo que respecta al pilotaje, recomendamos «el doble mando» desembragable y que se pueda hacer indiferentemente por volante o palanca.

La buena visibilidad es esencial y, a este respecto, los aparatos con hélice impulsora gozan de gran superioridad.

Un elemento de seguridad muy recomendable es la radio, transmisora y receptora. Sin embargo, no es elemento indispensable para vuelos cortos en itinerarios bien conocidos y aeródromos poco concurridos.

4.—MANDO COMBINADO

4.1.—FUNDAMENTO.

Vamos a exponer un artificio que mejora extraordinariamente las cualidades de vuelo y maniobra de los aviones de modo sencillo.

La preocupación por la seguridad del vuelo nos llevó a estudiar el modo de evitar la pérdida de velocidad involuntaria. Así llegamos a la conclusión de que era indispensable limitar la carrera del timón de profundidad de tal modo que, en vuelo y tirando suavemente de la palanca, el avión quedara equilibrado a un ángulo de ataque inferior al de sustentación máxima. La solución era atrayente, pero, al aplicar el cálculo, nos encontramos con la desagradable sorpresa de que la manejabilidad y capacidad de maniobra eran totalmente insuficientes. Ello nos obligó a efectuar nuevos estudios que nos condujeron a combinar el timón de profundidad con el «flap» del ala, de tal modo que al bajar el «flap» se levantara el timón, y viceversa. Los cálculos efectuados sobre anteproyectos de planeadores y avionetas confirmaron nuestras esperanzas, pero, además, pusieron de manifiesto nuevas ventajas que exponemos en este capítulo con ejemplos tomados de los citados anteproyectos.

En síntesis, el mando combinado consiste en sincronizar los movimientos del «flap» y del timón de profundidad de tal modo que, con el «flap» bajo, el avión quede equilibrado con un ángulo de ataque grande, pero bastante menor que el de sustentación máxima; con el «flap» ligeramente bajado, el equilibrio debe obtenerse para el ángulo de ataque correspondiente al vuelo de crucero.

De este modo la polar del avión resulta ser la envolvente de las polares que le corresponderían con el «flap» en distintas posiciones (Fig. 1.14). Ya se ve aquí una gran ventaja del mando combinado: la polar que le correspondería sin él (la $\delta_t = 0$ de la figura 1.14) es netamente inferior, a la del mando combinado, en las grandes sustentaciones, y ambas son idénticas en las pequeñas sustentaciones.

Claro es que el mismo objeto podría lograrse si el piloto accionara la palanca de mando del «flap» al propio tiempo que la del equilibrador, pero es fácil ver que nunca podría lograr tan perfecta sincronización como con el mando combinado.

Se obtiene, pues, un avión de sustentación variable, con me-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

jores características aerodinámicas que los normales y con otra gran ventaja, consistente en que las reacciones de la palanca hacen conocer al piloto los esfuerzos a que están sometidas las alas, pues, cuando una racha aumenta la velocidad relativa, la palanca tira y empuja cuando sucede lo contrario. Vemos, pues, que el mando combinado es también un «indicador de pilotaje» que permitirá al piloto reducir el efecto de los «baches» y le indicará la maniobra más conveniente del mando longitudinal del avión.

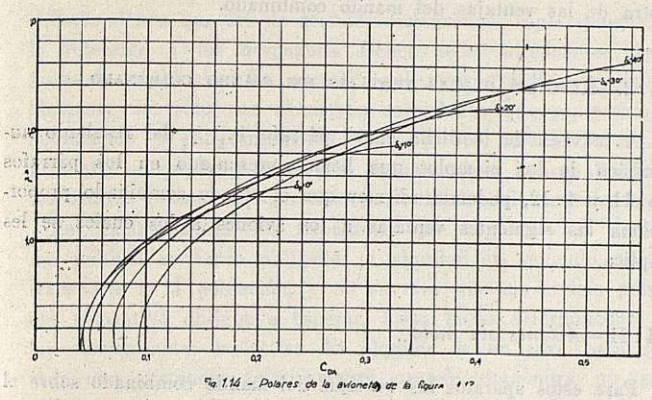


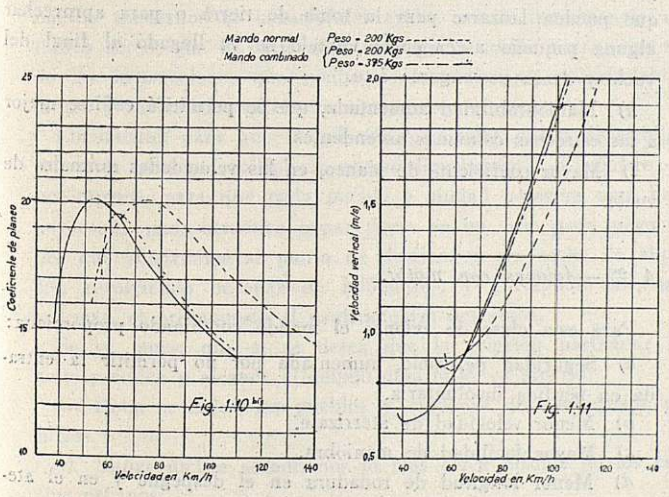
Fig. 1.14 - Polares de la avioneta de la figura 1.13

4.11.—*Aplicación del mando combinado a un velero de escuela.*

Sea el velero de la figura 1.10 cuyas características principales son:

Envergadura	10,00 m.
Superficie	10,45 m²
Alargamiento	9,57
Peso en orden de vuelo	200 Kgs.
Perfil del ala	NACA-23.012

Hemos efectuado los cálculos aerodinámicos de este avión con mando normal y con mando combinado. En las figuras 1.10$_{bis}$ y 1.11 representamos las curvas del coeficiente de planeo y velocidad vertical en función de la velocidad de vuelo obtenidas por el cálculo.



La figura 1.10^{bis} permite ver que, para un mismo valor del coeficiente de planeo, la diferencia de las velocidades con que puede conseguirse es mayor para el velero con mando combinado que con el de mando normal. Así, para un coeficiente de planeo de 18, el velero con mando combinado da las velocidades de 42 Km/h. y 72 Km/h., mientras que el de mando normal da 57 Km/h. y 76 Km/h. Las respectivas diferencias son 30 Km/h. y 19 Km/h., con evidente ventaja para el mando combinado. Además, éste último da un coeficiente de planeo máximo de 21, contra el de 19,5 dado por el de mando normal.

El examen de la figura 1.11 nos muestra que el mando combinado da una velocidad vertical de descenso mínima de 0,65 metros/segundo para la del vuelo de 40 Km/h.; mientras que el de mando normal da 0,85 mts/segundo a 59 Km/h. Para una velocidad de 100 Km/h., las verticales son, 1,89 mts/segundo y 1,85 mts/segundo, respectivamente.

La velocidad de aterrizaje del avión con mando combinado es de 38 Km/h. contra 57 Km/h., con mando normal.

Otro hecho interesante se deduce de la figura 1.10^{bis}. En ella podemos observar que, para la velocidad de aterrizaje (38 Km/h.), la pendiente de planeo del velero con mandos combinados es de 15,2, mientras que para el velero con mando normal es de 17 para su velocidad (57 Km/h. de aterrizaje.)

En la tabla 4.1 resumimos los resultados.

TABLA 4.1

CONCEPTO	Mando normal	MANDO COMBINADO	
		Peso 200 kgs.	Peso 375 kgs.
Envergadura	10 m.	10 m.	10 m.
Superficie	10,45 m.²	10,45 m.²	10,45 m.²
Alargamiento	9,57	9,57	9,57
Peso en vacío	120 kgs.	120 kgs.	295 kgs.
Peso útil	80 kgs.	80 kgs.	80 kgs.
Peso en orden de vuelo ...	200 kgs.	200 kgs.	375 kgs.
Carga por m.²	19,14 kgs/m.²	19,14 kgs/m.²	35,89 kgs/m.²
Coeficiente de planeo máximo	19,5	21	21
Velocidad de planeo máximo	63 km/h.	54 km/h.	74 km/h.
Velocidad vertical mínima.	0,85 m/s.	0,65 m/s.	0,87 m/s.
Velocidad de vuelo para la vertical mínima	59 km/h.	41 km/h.	54 km/h.
Velocidad de vuelo para la vertical de 1,00 m/s.....	68 km/h.	67 km/h.	72 km/h.
Velocidad de vuelo para la vertical de 1,25 m/s.	79 km/h.	78 km/h.	87 km/h.
Velocidad de vuelo para la vertical de 1,50 m/s.....	84 km/h.	83 km/h.	98 km/h.
Velocidad vertical para la de vuelo de 100 km/h. ..	2,86 m/s.	2,90 m/s.	1,55 m/s.
Velocidad de aterrizaje....	57 km/h.	38 km/h.	52 km/h.

Vemos, pues, que el velero provisto del mando combinado es un magnífico aparato para el vuelo en ascendencias térmicas, por su pequeña velocidad de descenso y gran maniobrabilidad, a causa de la pequeña envergadura.

Si, mediante un lastre de agua, aumentamos el peso en orden de vuelo hasta 375 Kgs., se obtiene un velero óptimo para los vuelos de distancia, con las características contenidas en la última columna de la tabla 4.1.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

4.12.—*Aplicación del mando combinado a una avioneta biplaza.*

Supongamos una avioneta biplaza como la representada en la figura 1.13, a la que suponemos provista de mando normal y mando combinado.

Los cálculos aerodinámicos dan por resultado las características de vuelo contenidas en la tabla 4.2, resumen de todos ellos. Las

TABLA 4.2

CONCEPTO	Mando normal	MANDO COMBINADO	
		Tren con ruedas	Tren con patín
Envergadura	9,20 m.	9,20 m.	9,20 m.
Superficie	13,551 m.²	13,551 m.²	13,551 m.²
Alargamiento	6,25	6,25	6,25
Peso en vuelo	570 kgs.	570 kgs.	570 kgs.
Carga por m.²	42,06 kgs/m.²	42,06 kgs/m.²	42,06 kgs/m.²
Potencia	65 C.V.	65 C.V.	65 C.V.
Carga por caballo	8,77 kgs./c.v.	8,77 kgs./c.v.	8,77 kgs./c.v.
Velocidad máxima al nivel del mar	164 km/h.	161 km/h.	195 km/h.
Velocidad ascensional al nivel del mar	147 m/min	146 m/min	185 m/min
Techo teórico	4450 m.	4460 m.	5250 m.
Velocidad mínima	77 km/h.	58 km/h.	58 km/h.
Radio mínimo de viraje sin perder altura	61 m.	50 m.	51 m.

figuras 1.16 y 1.17 muestran los recorridos necesarios para salvar un obstáculo de 15 m. en el despegue y en el aterrizaje.

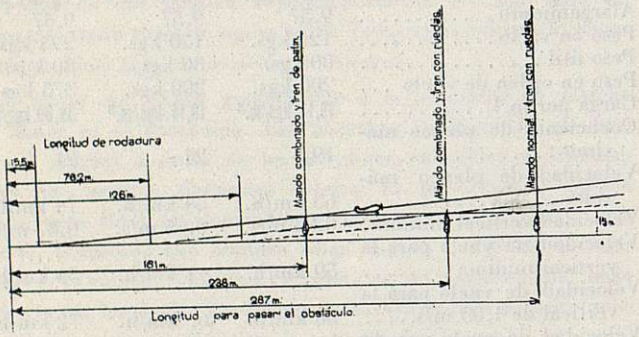


Fig. 1.16

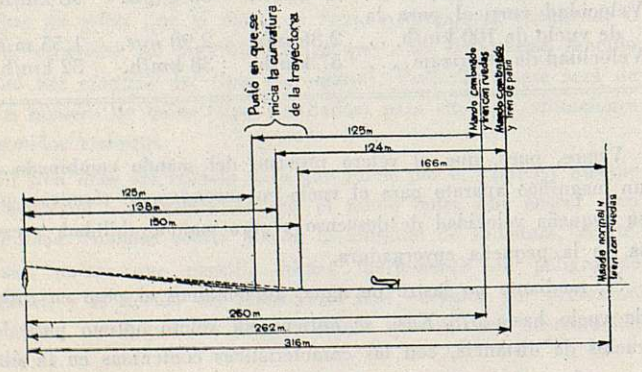


Fig. 1.17

La tabla 4.2 permite ver que ambos aparatos son sensiblemente equivalentes en lo que se refiere a velocidad máxima, velocidad ascensional y techo, pero que, en lo que afecta a la maniobrabilidad (radio mínimo de viraje y rapidez en el cambio de sustentación) y velocidad mínima, el avión provisto de mando combinado es francamente superior al de mando normal.

El examen de las figuras 1.16 y 1.17 permite ver que las distancias recorridas al aterrizar y al despegar son muy superiores para los aviones con mando normal, lo que hace resaltar otra de las ventajas del mando combinado.

4.2.—Resumen de las ventajas del mando combinado.

A la vista de lo dicho en el párrafo 4.1 y del resultado numérico de los ejemplos que hemos presentado en los párrafos 4.11 y 4.12, podemos afirmar que el mando combinado proporciona las siguientes ventajas a los aviones a los cuales se les aplica.

4.21.—*Aviones sin motor.*

Para estos aparatos las ventajas del mando combinado sobre el de mando normal son:

a) Seguridad de vuelo aumentada por no poder entrar en pérdida involuntaria.

b) Posibilidad de emplear menor alargamiento, en el ala, por disminuir la velocidad vertical.

c) Menor velocidad vertical en caso de conservar el alargamiento del ala.

d) Velocidad de vuelo más elevada a igual de velocidad vertical.

e) Velocidad de aterrizaje menor.

f) Menor ángulo de planeo al ir a tomar tierra.

g) Posibilidad de tener un velero de dos usos: para vuelo en ascendencia térmica, o vuelos de altura, en su estado normal; y para vuelo de distancia, si se le lastra con 175 Kgs. de agua, que pueden lanzarse para la toma de tierra o para aprovechar alguna pequeña ascendencia cuando se ve llegado al final del vuelo y desea prolongarse éste.

h) Maniobrabilidad aumentada, que le permitirá ceñirse mejor a las estrechas columnas ascendentes.

i) Mayor coeficiente de planeo, en las velocidades normales de vuelo.

4.22.—*Aviones con motor.*

Para esta clase de aviones el mando combinado proporciona:

a) Seguridad de vuelo, aumentada por no permitir la entrada en pérdida involuntaria.

b) Menor velocidad de aterrizaje.

c) Mayor facilidad de maniobra.

d) Menor longitud de rodadura en el despegue y en el aterrizaje.

e) Menor longitud de recorrido desde el momento en que el avión arranca del reposo, hasta que franquea un obstáculo de 15 m. de altura.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

f) Menor longitud de recorrido desde que el aparato franquea un obstáculo de 15 m. de altura hasta que queda completamente parado.

5. LA CUESTIÓN DEL AERÓDROMO

5.1.—Estado actual del problema.

Seguramente las causas que más se oponen a que la aviación se popularice, como el automóvil, son las dificultades que presenta la utilización de los aeródromos.

Estos tienen que ser de grandes dimensiones, especialmente, en lo referente a los despegues. Deben tener alrededores despejados de obstáculos. La cuestión del tamaño influye desfavorablemente, no sólo por el mayor desembolso que representa su adquisición y entretenimiento, sino por los inconvenientes que presenta su emplazamiento, que, forzosamente, estará alejado de los centros urbanos y, con toda posibilidad, mal comunicados.

Por estas razones, los tripulantes que lleguen a un aeródromo público se verán obligados a alquilar un vehículo que los transporte a la población, y no es raro que el servicio público del transporte obligue a esperar, hasta horas determinadas, con las consiguientes molestias. El alquiler de un taxi, para recorrer una distancia relativamente grande, impondrá un gasto adicional, que habrá que cargar en la cuenta de gastos originados por el vuelo.

Tampoco son muchas las poblaciones que poseen aeródromos y por lo tanto, quedan limitados los finales de vuelos posibles.

Análogamente, si el piloto tiene que partir de un campo público, se le presentan los mismos inconvenientes de transportes que a la llegada, sólo que en sentido inverso.

Una utilización normal del avión sería la de usarlo en los desplazamientos de fin de semana o vacaciones, que, generalmente, tienen lugar en el campo. En este caso se agrava todavía más el problema, pues será necesario poseer un aeródromo propio (o en común con algunos vecinos), y se agrava también considerablemente el problema económico planteado por el uso del avión como medio de locomoción particular.

Por otra parte, el empleo de los grandes aeropuertos produce nuevos trastornos al usuario del avión, por la importancia del tráfico aéreo, que lo obligará a despegar o tomar tierra, siguiendo las instrucciones que reciba desde el campo, obligándolo a largas y molestias esperas en tierra o en el aire.

Finalmente, para que la aviación particular pueda desarrollarse, sería preciso multiplicar extraordinariamente el número de aeródromos, para que cada pueblo o ciudad poseyera uno, pues no resulta nada atractivo tomar tierra en un sitio para luego tener que trasladarse al punto de destino en un coche de alquiler, recorriendo decenas de kilómetros, y gravándose así, una vez más, el presupuesto al usufructuario del avión.

Se ve, pues, que si se desea que la aviación particular resulte práctica y alcance el debido desarrollo, es preciso:

a) Dotar a todos los pueblos y ciudades de aeródromos públicos.

b) Situar dichos aeródromos lo más cerca posible de los centros urbanos.

c) Dotarlos de comunicaciones, frecuentes, rápidas y económicas, con la población a que sirven.

d) Multiplicar los aeródromos particulares en el campo, no sólo para el cómodo uso por sus dueños, sino también como campos de socorro en caso de avería.

Las soluciones propuestas en los puntos *a*), *b*), y *c*) suponen para el Estado y los Municipios un desembolso tan fabuloso, que, hoy por hoy, no puede emprenderse, pues no lo justificaría el reducido número de aviones que los utilizarían, y, en perfecto círculo vicioso, este número no aumentará mientras no se construya la citada red de campos.

En lo que afecta al punto *d*), no cabe hacerse ilusiones, pues, aparte del enorme coste de un aeródromo del tamaño que precisan las actuales avionetas, son pocas las personas que poseen un avión y una finca.

5.2.—Una posible solución al problema.

Pues no cabe la posibilidad de atacarlo directamente, por las ingentes sumas necesarias para ello, conviene hacerlo de modo indirecto. No cabe duda de que, si se logra reducir el tamaño que necesitan los campos de vuelo, se reducirá también su coste, y no en proporción directa, sino mucho mayor. En efecto, si la longitud de despegue y aterrizaje de los aviones puede reducirse a la mitad, también la de los campos será la mitad, mientras que sus superficies (y, por lo tanto, su coste) quedará reducida a la cuarta parte; pero todavía hay más; al reducirse el campo se aumentan las posibilidades de acercarlo a la población y de acortar las inherentes vías de comunicación, y también los campos particulares serán más factibles para los usuarios.

Más tarde, el auge alcanzado por la aviación particular justificaría la ampliación y creación de los aeródromos necesarios, y se progresará ya de modo rápido e ilimitado. Nuevamente la comparación con el automóvil apoya lo que decimos; en sus primeros tiempos, las carreteras eran totalmente inadecuadas; en cambio, hoy día no hay problema, en este aspecto, para el automovilista.

La primera solución al problema del aeródromo será, pues, adaptar el avión al empleo de campos pequeños, y para ello no hay otro camino que perseguir los siguientes fines:

a) Acortar las longitudes de rodadura de despegue y aterrizaje.

b) Aumentar la velocidad ascensional del avión.

c) Aumentar la pendiente de planeo, del mismo, al ir a tomar tierra.

5.21.—*Condiciones que debe satisfacer el avión para acortar las longitudes de rodadura de despeque y de aterrizaje.*

Para reducir la longitud de rodadura en el despegue, sólo hay un procedimiento: aumentar la tracción que obra sobre el avión. Ello puede lograrse:

a) Aumentando la potencia del motor, sin aumentar el peso del avión.

b) Ayudando al despegue con cohetes «Jato».

c) Lanzando al avión con catapulta.

d) Dotando al aparato de sustentación variable.

La solución *a*) no es factible, por el momento, pues encarece en avión.

La solución *b*) es cara, y, además, puede fallar, por no tenerse cohetes a mano en un momento dado.

Sólo las soluciones *c*) y *d*) parecen aceptables. La primera puede parecer inadecuada, en el caso de campos particulares, por

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

lo costosa. Esto es más aparente que real, pues el lanzamiento de veleros con «sandows» ha demostrado que puede hacerse económicamente incluso por el mismo piloto y sin la ayuda exterior. No cabe duda de que los «sandows», las trócolas y los mecanismos de disparo suponen un gasto insignificante y pueden disponer de ellos todos los aeródromos y particulares. La segunda solución resuelve a la perfección el mando combinado, que permitirá al piloto dar al avión la sustentación precisa, en cada momento de la rodadura, para obtener la máxima aceleración, y, además, reduce la velocidad de pespegue, y, por lo tanto, reduce la longitud de rodadura, una vez más.

En la figura 1.16 puede verse que con el empleo de «sandows» la avioneta con mando combinado, que pusimos de ejemplo, despega en 15,5 m., si se lanza con «sandows», mientras que una avioneta normal precisa 126 m.

Hasta ahora hemos tratado el despegue; vamos a ver cómo puede reducirse la longitud de rodadura al aterrizar. Para ello se dispone de tres medios:

a) Reducir la velocidad de vuelo al llegar al suelo.

b) Aumentar el rozamiento con el suelo.

c) Aumentar la resistencia aerodinámica del avión al avance.

La solución *a*) la resuelve el empleo de «flaps», por lo que el mando combinado es una solución ideal.

Para satisfacer la condición *b*), tenemos dos medios: el primero consiste en substituir la rodadura de las pruebas por rozamiento, lo que se consigue con un aterrizador de patín (idéntico al de los veleros), o frenando las ruedas, lo que hace indispensable el empleo del tren triciclo para evitar posibles capotajes. El segundo medio consiste en suprimir la sustentación del ala, cosa que sólo el mando combinado permite conseguir eficazmente, ya que no exige variar el ángulo de ataque del ala, cosa imposible, por estar el avión sobre sus tres ruedas.

La condición *c*) queda satisfecha empleando hélices capaces de tomar la posición de frenado (solución que hay que desechar por ser muy cara), o empleando frenos aerodinámicos. El mando combinado resulta también eficacísimo en este caso por reforzar la acción de los frenos aerodinámicos.

5.22.—*Condiciones que debe satisfacer el avión para aumentar su velocidad ascensional.*

Para esto, se debe cumplir:

a) Aumentar la potencia del motor.

b) Aumentar la cualidad sustentadora del avión.

c) Disminuir el peso, en vuelo, del aparato.

Ya hemos visto el inconveniente de aumentar la potencia del motor, en el aspecto económico. La condición *c*) es difícil de lograr sin disminuir la seguridad del avión. Queda sólo la solución *b*).

Para cumplirla, disponemos de dos medios: primero, aumentar la sustentación, al mismo tiempo que se disminuye la resistencia al avance, lo que se consigue con el mando combinado; segundo, disminuir la resistencia al avance, lo que se logrará con el tren eclipsable, solución inadecuada, por cara, en los aviones con ruedas, pero factible en el caso de ser el tren del tipo patín, como en los veleros.

5.23.—*Condiciones que debe satisfacer el avión para aumentar, a voluntad, su pendiente de planeo.*

La mejor solución es el empleo de frenos aerodinámicos, junto con el mando combinado, que permite variar dicha pendiente de modo casi instantáneo en el momento de ir a tomar contacto con el suelo.

5.3.—Características del avión que preconizamos, de acuerdo con las soluciones expuestas en los párrafos precedentes.

Para cumplir con las condiciones expuestas en los capítulos anteriores, el avión, que, además, satisface a las del presente capítulo, deberá responder a las siguientes características.

a) Disposición general y dimensiones generales, como en las figuras 1.13 y 1.15.

b) Potencia entre 60 c. v. y 80 c. v.

c) Alas con ranuras de borde de ataque en los extremos de las alas («speilers»).

d) Frenos aerodinámicos.

e) Tren triciclo con frenos o de patín.

f) Hélice de paso automático.

g) «Mando combinado» y «doble mando».

h) Estructura racional y sencilla.

En la tabla 4.2 damos las características de vuelo de un aparato de esta clase, provisto de mando normal; de mando combinado, con tren triciclo; y de mando combinado, con tren de patín.

Madrid, 30 de marzo de 1950.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 225. - Antecedentes relativos a la actuación de los Ingenieros Industriales en la creación y desarrollo de la aviación civil en España y su trascendencia actual

Autor: D. LUIS MONTESINO ESPARTERO
Ingeniero Industrial

PARTE HISTÓRICA

Por Real Decreto de 3 de enero de 1913, creó, el Ministerio de Fomento, en el vecino pueblo de Getafe, la «Escuela Nacional de Aviación» (la cual funcionó hasta el año 1916), primera escuela oficial de aviación civil, en nuestro país, que había de actuar a base de Ingenieros Industriales que, anteriormente, y subvencionados por el Estado, habían ido al extranjero, a estudiar y realizar las prácticas necesarias, para la obtención del diploma de Piloto de Aeroplano, de la «Federación Aeronáutica Internacional», título, único válido entonces, que obtuvieron. Regresaron a la Península a fines de 1912.

Estos Ingenieros Industriales-Pilotos fueron nombrados profesores de la nueva Escuela por Reales Ordenes del siguiente día 4 de enero, del mismo año 1913, y, el Director (Profesor después), lo fué por R. O. de 14 de febrero inmediato. Empezó a funcionar inmediatamente la Escuela en Getafe, para la que se había previsto una modesta consignación en el Presupuesto de aquel año, que permitió, sin embargo, la adquisición de cuatro aparatos monoplanos «Deperdussin» y la construcción de un barracón provisional en el campo de maniobras de Artillería, cedido al efecto por el Ministerio de la Guerra.

El Reglamento del nuevo centro aviatorio se publicó por R. D. de 25 de agosto del mismo año 1913, y fueron sus primeros Profesores los señores Ingenieros-Pilotos don Julio Adaro, don Antonio Grancha, don Manuel Menéndez y don Mariano de las Peñas, y Director, Profesor también, el Ingeniero Industrial autor de estas líneas, que fué, poco después, el número uno de los Pilotos Civiles que salieron de dicha Escuela.

Desgraciadamente, la guerra europea, al estallar en agosto de 1914, interrumpió los trabajos de la naciente Escuela, que el año siguiente fué militarizada bajo la dirección, del entonces Teniente Coronel de Ingenieros, hoy General señor Kindelán.

Durante aquella contienda, el firmante consiguió crear, en Bilbao, bajo la presidencia del Gobernador Civil y con el concurso de la Diputación Provincial de Vizcaya y Junta de Obras del Puerto, una Junta de Patronato, para la creación de una «Escuela Civil de Hidroaviación», aprobada por el Senado, en el amplio antepuerto de aquella industriosa población, con terrenos y muelle propios, que les cedió con tal objeto dicha Junta del Puerto, más una subvención anual, de 100.000 pesetas, acordada por la Diputación a condición de que el Estado aportaría igual suma anual; condición esta última que no pudo realizarse en aquellas críticas circunstancia mundiales, y por el inesperado cierre de nuestra legislatura.

Respecto a la Escuela Nacional de Aviación, conviene señalar que había de formar, concretamente: «Ingenieros Aerotécnicos», «Pilotos Aviadores» y «Obreros Especialistas». Las asignaturas correspondientes al curso de Ingenieros eran las siguientes, señaladas en el artículo 7.º del Reglamento: Aerotecnia, Motores y Propulsores, Tecnología; Construcción y cálculo de aparatos Meteorología, Geografía y Legislación aéreas.

En cuanto al objeto de su creación, está claramente detallado que el artículo 1.º de dicho Reglamento que dice, textualmente. lo siguiente:

Artículo 1.º La Escuela Nacional de Aviación se crea especialmente para fomento y dirección, en el orden civil, de la enseñanza y experimentación, investigaciones, estudios y organización de la navegación aérea en España, así como para la divulgación y dictamen de todo aquello que se relacione con la circulación, estacionamiento y construcción de toda clase de aeronaves, y con las comunicaciones, señales y servicios de cualquier orden, que puedan establecerse en territorio o posesiones españolas, con ellas relacionalas.

Como se ve, sus atribuciones respecto a la Aviación eran muy extensas y no limitadas, a la sazón, por ningún organismo nacional.

Quince años después, por Reales Decretos de 19 de septiembre y 2 de octubre de 1928, se creó la «Escuela Superior de Aeronáutica de Madrid» para la formación de Ingenieros Aeronáuticos Militares y por R. O. de 23 de febrero de 1929 se revalidaron algunos Títulos de Ingenieros Aeronáuticos extranjeros,

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ostentados por españoles, y en su art. 2.º, se prescribió lo siguiente, respecto a los Ingenieros Fundadores de la Escuela Nacional de Aviación.

Art. 2.º Los Ingenieros Españoles que, por R. D. de 25 de agosto de 1913, están en posesión del Título de Ingenieros Aerotécnicos, continúan en el uso de los derechos que dicha disposición les confiere.

Dichos derechos, cuya prioridad se reconoce así, oficialmente, a dichos Ingenieros Industriales-Pilotos, y que pudieran, con el tiempo, extenderse a cuantos Ingenieros Industriales demostraran iguales conocimientos y prácticas, están consignados, con toda claridad, en el mencionado Reglamento de la extinguida Escuela Nacional de Aviación, y, para ellos, al menos, están en vigor.

Es de notar, desde luego, la diferencia de criterio, perfectamente lógica, que presidió a la creación de la Escuela Nacional de Aviación, para la formación de «Ingenieros Aerotécnicos» Civiles, y el que informó la posterior creación de la Escuela Superior de Aeronáutica de Madrid, para la formación de «Ingenieros Aeronáuticos», Militares. No sólo su respectivo carácter civil o militar los distingue, sino que su misma denominación, de Aerotécnicos y de Aeronáuticos, ya indica el carácter preferente que habrán de tener unos y otros Ingenieros: «Técnicos» o fabriles, aquéllos, y «Nautas», o navegantes, éstos.

Esta diferencia fundamental, y más necesaria, cuanto mayores sean el progreso y la especialización de la aviación, se observa también entre los Ingenieros que dirigen los transportes mecánicos terrestres, o sea, los Ingenieros de Caminos y los Industriales, cuyos derechos y funciones son tan distintos, como necesarios.

PARTE TÉCNICA

1.º Organización y enseñanzas comparadas

La primacía en la organización y dirección de la aviación civil en España la tuvo, desde luego, el antiguo Ministerio de Fomento; no sólo por la creación de la Escuela Nacional de Aviación de Getafe, en 1913, de la que ya se ha hablado, sino por la organización, posterior a la guerra europea, encomendada a la Dirección General (de «Comercio, Industria y Trabajo», precursora de la actual Dirección General de Industria y Comercio, de la que dependen hoy el Cuerpo y servicios técnicos oficiales de los Ingenieros Industriales).

Esta organización arranca, oficialmente, del R. Decreto de 25 de noviembre de 1919 y del Reglamento anexo, seguido de las Reales Ordenes de 17 de abril de 1920, relativa a la entrada y aterrizaje y vuelo de aeronaves extranjeras en España, y la Real Orden-Reglamento interpretativo del Real Decreto de 25 de noviembre citado, incluyendo programas y pruebas para la concesión de Título de Piloto, Observadores, etc., con indicación de sus diversas funciones e insignias. (*Gaceta* del 7 de mayo de 1920.)

Esta misma Real Orden incluye un escalafón embrionario, el primero, desde luego, de los pilotos de aeroplanos, dirigible y globo, y mecánicos de aviación hasta entonces aprobados, que contiene los nombres de 11 pilotos españoles y 22 extranjeros. Entre aquéllos figuran, por este orden, los señores Montesino, Callizo, Peñas, Foyé, Canudas, Cayón, Barrón y O'Page, pilotos de aeroplano, y los señores Magdalena y Delgado, como observadores.

Esto, como antecedentes oficiales, que indican la prioridad de la organización civil, de la aviación, en el Ministerio de Fomento.

Creemos útil comparar ahora las enseñanzas, teóricas y prácticas, que reciben los Ingenieros Industriales y Aeronáuticos, en la actualidad, y dar base cierta al estudio de interés nacional que nos proponemos iniciar.

Tanto el Reglamento inicial, de 23 de febrero de 1923, de la Escuela Superior de Aeronáutica, creada en Cuatro Vientos, como el último publicado de la ya veterana Escuela Especial de Ingenieros Industriales de Madrid, fecha 16 de mayo de 1945, requieren para ingreso, aparte las condiciones físicas de aptitud para el vuelo y títulos aéreos propios, un mínimun de enseñanzas teóricas del tipo y extensión universitaria del grado de Bachiller; mientras que la extinguida Escuela Nacional de Aviación de Getafe, creada el año 1913, exigía para el ingreso, además del título de Piloto, el de Ingeniero, Civil o Militar; por lo que al no ser necesario cursar los estudios de éstos, dentro de la Escuela, se abreviaba considerablemente la estancia en ella para obtener el título de Ingeniero-Piloto, similar al de Ingeniero-Navegante, como lo titula la actual Escuela Superior de Aeronáutica.

En realidad, el resultado, en principio, es el mismo, sin más diferencia que la de formar la Escuela Aeronáutica, actual, sus propios Ingenieros, para hacerlos Navegantes, y hacer también Navegantes, no Ingenieros, así como la Escuela de Getafe admitía los Ingenieros, ya formados, de cualquier especialidad, para hacerlos Pilotos y también formaba Pilotos, no Ingenieros.

La similitud de estudios no puede ser más evidente, por lo que debe considerarse la Escuela de Getafe como la antecesora inmediata de la Superior Aeronáutica, sin más diferencia que la mayor generalidad de conocimientos industriales y frecuencia de promociones más amplias.

Los cuadros comparativos que siguen permiten examinar al detalle estas similitudes o diferencias, como base del estudio que hemos emprendido.

2.º Estudios comparados de los Ingenieros Industriales y de Los Ingenieros Aeronáuticos

INGENIEROS AERONÁUTICOS (1)

1.º *Ingreso*:

Condiciones físicas para el vuelo.—No estar inhabilitado ni expulsado de otro Centro.—Certificación de Penales.—Título de Piloto u Observador.—Ttítulo Académico o Bachiller, por lo menos.

Examen de ingreso:

Primero.—Especialistas en aeromotores o aeronaves.

(X) Lengua Española.
(X) Francés.
Geografía Universal.

(1) Véase el Reglamento de la Escuela Superior de Aeronáutica, de 23 de febrero de 1923.

(X) Este signo indica que la asignatura que señala se estudia también en la Escuela de Ingenieros Industriales.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

(X) Física General.
(X) Química General.
(X) Dibujo lineal y de lavado.
(X) Aritmética.
(X) Álgebra.
(X) Geometría Métrica.
(X) Trigonometría rectilínea.
(X) Trigonometría esférica.
(X) Geometría descriptiva.
(X) Geometría Analítica.
(X) Cálculo diferencial e integral.
(X) Mecánica aplicada a las máquinas.
(X) Mecánica aplicada a las construcciones.
(X) Termodinámica.
(X) Electricidad.

Segundo.—Navegantes aéreos.

(X) Física General.
(X) Electrotecnia.
Radiotelegrafía.
(X) Trigonometría Rectilínea.
(X) Trigonometría esférica.
Astronomía práctica.
Navegación.
Prácticas de vuelo.
Prácticas de taller.

INGENIEROS INDUSTRIALES (1)

1.º Ingreso:

Condiciones generales: Ser español.—No tener antecedentes penales.—No poseer defecto físico para la profesión.—Título de Bachiller en su grado máximo.

Examen de ingreso:

Primero.—Primer grupo:

Aritmética.
Álgebra.
Cálculo combinatorio.
Magnitudes infinitesimales.
Geometría métrica.
Representaciones gráficas.
Física general.
Cosmografía.
Geología.

Segundo.—Segundo grupo:

Aplicaciones del Álgebra.
Teoría General de ecuaciones.
Funciones primitivas.
Geometría analítica, plana y del espacio.
Introducción a la Química.
Mineralogía y petrografía.
Dibujo lineal y a mano alzada.
Francés.
Inglés o Alemán (traducción).
Examen psicotécnico.

(1) Véase el Reglamento de 16 de mayo de 1945 en la Escuela Especial de Ingenieros Industriales de Madrid, dependiente del Ministerio de Educación Nacional.

INGENIEROS AERONAUTICOS (*continuación*).

2.º Cursos interiores de la Escuela.

Primer curso para Ingenieros (Aeromotores):

(X) Metalurgia.
(X) Resistencia de materiales.
(X) Teoría de motores (hidrodinámica y termodinámica).
(X) Constitución mecánica de motores y aplicaciones.
Motores de aviación.
Ensayos y reglaje de motores.
(X) Tecnología y Fabricación.

Segundo curso para ídem (Aeronaves):

Aerodinámica.
Aeroestación y dirigibles.
Constitución de aviones e instrumentos de a bordo.
(X) Resistencia de materiales.
Resistencia aplicada al cálculo de aviones y dirigibles.
Ensayos de aviones.
Meteorología.
Navegación.
Otros aparatos «aerodinos» (helicópteros).

Tercer curso (Navegantes aéreos):

Astronomía.
Navegación.
Meteorología.
Radiotelefonía.
Programas, Orden del 23 de febrero de 1929.

INGENIEROS INDUSTRIALES (*continuación*).

Cursos interiores de la Escuela:

Primer año:

Análisis algebraico.
Cálculo diferencial.
Geometría descriptiva.
Química General.
Dibujo artístico.

Segundo año:

Ampliación de Física.
Análisis Químico.
Cálculo integral.
Mecánica racional.
Topografía y Geodesia.
Dibujo de taller.

Tercer año:

Aplicaciones del calor.
Mecánica aplicada.
Elementos de máquina.
Química inorgánica.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Cuarto año:

Arquitectura industrial.
Hidráulica.
Electrotecnia. (Primer curso.)
Química orgánica.
Sanidad, higiene y psicotecnia.

Quinto año:

Motores térmicos.
Electrotecnia. (Segundo curso.)
Metalurgia y Siderurgia.
Operaciones mecánicas.

Sexto año:

Tecnología mecánica.
Ferrocarriles y transportes.
Economía política.
Organización y Contabilidad.
Temas industriales.

De la simple nomenclatura que antecede de las asignaturas de ambas Escuelas Superiores técnicas, se deduce que aparte las especiales de cada una, en mayor número y generalidad en la de Ingenieros Industriales, existe un número considerable de asignaturas comunes (señaladas con el signo (X) en la de Aeronáuticos), entre ellas las más importantes, teóricas y prácticas, comunes a todos los Ingenieros.

Son propias de los Ingenieros Industriales solamente, como se se ve: la Geología, la Minerología y Petrografía, la Topografía y Geodesia, la Química Analítica, la Física ampliada (Matemática), la Termología mecánica, la Electrotecnia industrial, Ferrocarriles y transportes, Economía política, Organización y Contabilidad industrial, Arquitectura industrial, y, desde luego, los Dibujos y prácticas de taller y Laboratorios correspondientes.

En cambio, pueden considerarse como privativas de la Escuela de Aeronáutica, además del título de Piloto u Observador Aéreo, y constitución física para el vuelo, exigidos al ingreso, las asignaturas siguientes:

Geografía Universal y Cosmografía, Motores de aviación y su reglaje, Tecnología de la aviación, Aerodinámica, Aeroestación y dirigibles, Constitución de los aviones e instrumentos de a bordo, ensayo de aviones, Meteorología, Helicópteros y otros «aerodinos»; asignaturas exigidas para los Ingenieros Aeronáuticos propiamente dichos, y para los Especialistas Navegantes Aéreos: la Metereología, Navegación, Astronomía, Radiotelefonía y las correspondientes pruebas de vuelo y trabajos de taller.

Quiere decirse, que un cursillo adicional o la ampliación de programas anuales en las Escuelas de Ingenieros Industriales, pondría a disposición del Estado promociones más copiosas que las actuales de Ingenieros Aeronáuticos, con opción, por supuesto, a obtener el Título de Navegantes en la Escuela Superior Aeronáutica, si lo desearan.

Pueden verse los datos completos referentes a la enseñanza en la Escuela Superior de Aeronáutica y en la Escuela Especial de Ingenieros Industriales de Madrid, en los Reglamentos de aquélla, de 23 de febrero de 1923, y de éste, en el Reglamento de 16 de mayo de 1945.

Según los estados comparativos que anteceden, el complemento de condiciones y enseñanzas para que el Ingeniero Industrial se iguale al Aeronáutico, en su especialidad, sería el siguiente:

1.º *Para Ingenieros Especialistas en Aeromotores y Aeronaves:*

a) *Para Ingreso:*

1.º Condiciones físicas para el vuelo.
2.º Título de Piloto u Observador.
3.º Geografía Universal.

b) *En la Escuela:*

I. Motores de aviación.
II. Ensayo y reglaje de los mismos.
III. Aerodinámica.
IV. Aeroestación y dirigibles.
V. Constitución de aviones e instrumentos de a bordo.
VI. Autogiros y otros aparatos «aerodinos».
VII. Resistencia de materiales aplicada a aviones y dirigibles.
VIII. Ensayo de aviones.
IX. Meteorología.
X. Navegación.

2.º *Para obtener el título de Navegante aéreo:*

a) *Para Ingreso:*

1.º Condiciones físicas para el vuelo.
2.º Título de Piloto u Observador.
3.º Geografía Universal.
4.º Radiotelegrafía.
5.º Astronomía práctica.
6.º Navegación (primer curso).
7.º Prácticas de vuelo y taller.

b) *En la Escuela:*

I. Astronomía.
II. Navegación (segundo curso).
III. Meteorología.
IV. Radiotelefonía.
V. Prácticas de vuelo y taller.

Por no estar muy recargados algunos de los seis cursos, de la larga carrera de Ingeniero Industrial, no sería gran sacrificio para los alumnos mejor dotados de estas Escuelas, que quisieran serlo de la Aeronáutica, el intercalar en ellos las diez asignaturas complementarias arriba indicadas; previo examen, desde luego, de sus condiciones físicas y Títulos aeronáuticos, entre los que se podría incluir el de Piloto de vuelo sin motor, para el ingreso.

Las enseñanzas complementarias, técnicas de ensayos y laboratorios podrían estar a cargo de alguna o de las tres Escuelas de Ingenieros Industriales actuales, y las prácticas y pruebas de vuelo, a cargo de Profesores-Pilotos en el Aeródromo de Getafe, para los de Madrid, que escogieron y emplearon, desde 1913, los Ingenieros Industriales-Pilotos de aquella Escuela, Aeródromo cuya necesidad, para otros usos, anulará pronto el gran aeropuerto de Barajas, mientras que en las industriosas capitales de Barcelona y

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Bilbao, tendrían los mismos cometidos las Escuelas de Ingenieros allí existentes, y los aeródromos internacionales o nacionales que existen o que se establezcan.

Esto, en cuanto se refiere al Título de Ingeniero Aeronáutico.

En cuanto al Título de «Navegante aéreo», o similar a él, caben dos soluciones lógicas para obtenerlo sin grandes dispendios ni modificaciones en lo actual, a saber: o bien se seguiría cursando estos estudios especiales, como ahora, solamente en la Escuela Superior Aeronáutica, o bien, se podría restablecer, para los Ingenieros Industriales, el tipo de la Escuela Nacional de Aviación, modernizado y con carácter más industrial, ya fuera en un solo establecimiento, ya fuera uno en cada una de las tres Escuelas de Madrid, Barcelona y Bilbao, donde podría así llevarse la especialización a las tres ramas principales de la enseñanza aviatoria, es decir: la Navegación aérea en general, la hidroaviación y la aeronáutica de dirigibles y «aerodinos» varios, que podrían corresponder, respectivamente, a Madrid, a Bilbao y a Barcelona, creando, por decirlo así, una Escuela en cierto modo independiente, a base, no de la enseñanza universitaria, sino de la Ingeniería Civil existente, como se hizo en la Escuela Nacional mencionada.

Recordemos, por si fuera preferible esta segunda solución ampliadora de la enseñanza aviatoria en España, que, si no el Título de Ingeniero Navegante, precisamente, sí se adquiría la aptitud para serlo, en la extinguida Escuela Nacional de Aviación, cuyos estudios, correspondientes al título de Ingeniero Aerotécnico», que pudiera conservarse, eran los siguientes:

CURSO ÚNICO PARA INGENIEROS AERONÁUTICOS

1.º Aerotecnia; Mecánica de la aviación, aeroestación y propulsión.
2.º Motores y propulsores, y cálculo de los mismos.
3.º Tecnología. Aparatos de aviación y navegación aérea.
4.º Construcción y cálculo de aparatos de aviación.
5.º Idem, ídem, de hangares, talleres, etc.
6.º Meteorología y estudios atmosféricos. Aparatos de medida.
7.º Geografía Universal y de España.
8.º Cartografía. Cartas aéreas y Mapas.
9.º Legislación.

Como en aquella Escuela se exigía ya, para el Ingreso, el doble título de Ingeniero y de Piloto, claro está que la enseñanza interior de la Escuela añadía lógicamente, a estos Títulos, las enseñanzas propias del Navegante aéreo, si bien no con la extensión que los descubrimientos ulteriores permitirían hacerlo hoy; especialmente en la esfera de la Radiotelegrafía y Radiogoniometría; Radio-visión, «Radar»; vuelos estratosféricos; retropropulsión, fotografía aérea, etc.

En definitiva, para terminar con esta cuestión de la enseñanza comparativa superior técnica que determina la capacidad de los Ingenieros Industriales para los servicios de toda clase, y la dirección de la construcción y manejo de los aparatos modernos de la aviación, se puede asegurar que, ya sea completando programas de similitud tan evidente como los detallados para alcanzar la técnica del Ingeniero Aeronáutico, o del Navegante aéreo, tal y como se forman hoy en la Escuela Superior Aeronáutica, o bien volviendo, para éstos o parecidos efectos al restablecimiento de una Escuela, única o triple, del tipo de la extinguida de Getafe, podría crearse, en poco tiempo y fácilmente, un personal muy competente y suficientemente numeroso para acudir a todos los servicios, regulares o irregulares, que exija la aviación actual y a todos los problemas que, ahora o en lo futuro, reclame la cada día más intensa circulación aérea, que, terminada la guerra, hace ya irrupción decidida en todos los países, no sólo por los sorprendentes perfeccionamientos de los aparatos de vuelo y observación, instalación de aeropuertos, balización y señales, etc., sino también por la base legal internacional, por ahora inconmovible, que le ha proporcionado la proclamación en la Conferencia de Aviación Civil de Chicago, de 1.º de enero de 1944, del principio llamado de las «libertades aéreas».

Estas «libertades», reducidas a dos en un principio, permiten ya el cruce por el aire de las naciones signatarias, entre sí, y derecho a aterrizar, para reparación o aprovisionamiento, de cualquier avión extranjero; principio que, ya en 10 de enero de 1945, reunía las firmas de 25 naciones, entre ellas España, con una superficie global que abarcaba más de la mitad de la superficie de la Tierra.

Este instrumento legal fué bien pronto ampliado al Acuerdo de las cinco «libertades del aire», que se refieren, además de las dos anteriores, a la libertad de llevar mercancías y pasajeros del país de origen a otro cualquiera de los signatarios conformes; libertad de recogerlos, también, en dichos países, y de transportarlos entre ellos, por aeroplanos de otro de los países signatarios.

Este principio de las «cinco libertades» reunía ya, en marzo de 1945, la aprobación de 18 países.

Consecuencia de estos Acuerdos Internacionales es, en nuestra patria, entre otras disposiciones, el Decreto de 12 de julio de 1946, que abre nuestras fronteras y todos los aeródromos nacionales, en determinadas condiciones, a todas las líneas aéreas, regulares o irregulares, españolas y extranjeras, con un alcance de expansión futura de los servicios de vigilancia y ordenación aviatorios en España realmente incalculable.

3.º ENSEÑANZA TÉCNICA EXTRANJERA.—LA «ESCUELA CENTRAL».

Aunque sea sin entrar en detalles, es interesante completar este estudio comparativo entre las enseñanzas técnicas nacionales con algunos datos de la similar extranjera, y, especialmente, con los estudios que se siguen en la Escuela Central de París, inspiradora que fué, como es sabido, del Instituto Industrial de Madrid, origen de nuestras actuales Escuelas de Ingenieros Industriales, que fué creado, a mediados del siglo pasado, por cuatro jóvenes becarios españoles, diplomados en aquella importante Escuela francesa (1).

La modalidad esencial de dicha Escuela, como ocurre en casi todas las Superiores Técnicas extranjeras, es la de limitar la duración de los estudios, dentro de dichas Escuelas (sin reducir su elevado nivel científico), a solamente tres años improrrogables, con el fin de conseguir técnicos jóvenes, y, a ser posible, antes de que formen una familia; con lo que se consigue mayor libertad de acción para los trabajos más duros o lejanos; se fija generalmente, como límite de estos estudios, los veintiún o veintidós años; a saber: seis años, en la segunda enseñanza (a la que se ingresa a los diez); un año, para su resumen y aprobación del Bachillerato; dos, de preparación a la Escuela Superior, y tres de estudios en ésta.

(1) «La Ingeniería Industrial Española en el siglo XIX», por José M.ª Alonso Viguera - Madrid, 1944 - 1 vol. en 4.º

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Se lleva esto con tanto rigor que la aprobación se hace por cursos completos, y se elimina, definitivamente, al alumno que no puede pasar de uno a otro, salvo en casos muy justificados de larga enfermedad o fuerza mayor.

Sólo con tal severidad en el régimen escolar; cortas vacaciones, reducidas a dos meses, y casi ninguna fiesta; con la asistencia obligada a la Escuela (donde se almuerza generalmente), desde las ocho y cuarto de la mañana a las cuatro y media de la tarde; exámenes semanales, generales, y profusión de pruebas escritas y prácticas durante todo el año, se comprende que puedan concluir estas carreras, reducidas a tan corto tiempo, unos 190 a 200 alumnos de los 250 que, como máximo fijo, pueden pasar los severos exámenes orales, escritos y prácticos exigidos para el ingreso, a que han de ajustarse.

Otra modalidad interesante de estas Escuelas Superiores, y en este caso la Escuela Central, es la de que los alumnos reciben intensa preparación militar, en la misma Escuela (después de las horas de clase), bajo la dirección de oficiales y clases de las diversas armas, nombrados al efecto por el Ministro de la Guerra. De modo que, al acabar la carrera con buen éxito, entran como suboficiales, generalmente de Artillería, en el Ejército, y, como tales y no como soldados, hacen su servicio militar y el de campaña, si es preciso. Este previsor sistema permitió a la nación vecina no carecer de oficiales competentes durante la larga guerra europea; al final de la cual, puede decirse, que casi todos los oficiales provenían de estas Escuelas Técnicas Superiores.

Basta para darse cuenta de los estudios y de la compleja enseñanza que reciben en esta Escuela, refiriéndonos sólo a la Central, la simple enumeración de las asignaturas explicadas (siempre de viva voz, durante hora y media, y personalmente, por el profesor titular de la asignatura), explicaciones que son el único texto obligado para el alumno, que ha de tomarlos por escrito y textualmente, a lo que ya viene preparado por larga práctica en sus estudios anteriores, incluso en el Bachillerato.

ASIGNATURAS EXIGIDAS EN LA ESCUELA CENTRAL

1.º *Para el Ingreso:*

Aritmética general.—Geometría plana y del espacio.—Álgebra, binomio y logaritmos.—Teoría general de ecuaciones.—Trigonometría y resoluciones de triángulos.—Geometría analítica de dos dimensiones.—Geometría analítica de tres dimensiones.—Geometría descriptiva.—Física: hidroestática, hidrodinámica y calor.—Química inorgánica.—Historia natural y Climas.—Dibujos lineal, lavado y artístico. (Se recomienda gran práctica en apuntes y croquis rápidos.)

2.º *En la Escuela:*

Al ingresar en la Escuela los alumnos se inscriben, a su elección, en una de las cuatro especialidades que prepara: «Constructores», «Mecánicos», «Metalúrgicos» y «Químicos». Todos ellos siguen los mismos estudios y prácticas generales, pero a cada especialidad corresponde, además, lecciones, prácticas y proyectos propios de la misma.

Las asignaturas dentro de la Escuela, repartidas en tres únicos años, son las siguientes:

	Lecciones
Análisis matemático. Cálculo diferencial e integral	30
Mecánica general	40
Geometría descriptiva	40
Física general	50
Termodinámica y mecánica de flúidos	40
Química inorgánica y análisis de ídem	45
Química orgánica y análisis de ídem	30
Mineralogía y Geología	18
Mecánica aplicada a la resistencia de materiales	54
Conferencias sobre ensayos de materiales	6
Total	353
Física industrial	36
Construcción de máquinas	32
Fabricación en serie (para los «mecánicos»)	3
Máquinas térmicas (vapor, explosión, ignición)	45
Industria del automóvil	9
Aviación, aerodinámica y motores	6
Medidas eléctricas	14
Electricidad industrial	47
Electricidad industrial para los «mecánicos»	5
Construcciones civiles —primera parte—. Elementos	20
Construcciones civiles —segunda parte—. Edificios	35
Construcciones metálicas de hormigón armado	34
Construcciones navales («Mecánicos» y «Constructores»)	10
Hidráulica y sus aplicaciones	28
Ampliación (para los mecánicos)	10
Total	334
Industrias textiles	40
Trabajos públicos, topografía y trazados	7
Trabajos públicos, rutas, canales y puertos	31
Ferrocarriles y tranvías, vía y explotación	17
Locomoción y maniobras (para los «mecánicos»)	6
Gasificación de combustibles. Productos refractarios	26
Cerámica y vidrios (para los «químicos»)	6
Metalurgia general y no férrica	32
Oro, plata, mercurio, etc. (para «metalúrgicos»)	8
Metalurgia del hierro y del acero	26
Metalurgias especiales (para «metalúrgicos»)	12
Explotación de minas	31
Química industrial e inorgánica	18
Química especiales a los «químicos»	7
Química orgánica industrial y agrícola	19
Industria del papel	5
Organización de fábricas	15
Salubridad e higiene, urbana e industrial	20
Legislación industrial y comercial	25
Contabilidad industrial	10
Higiene médica	15
Total	376

La Escuela Central de París dispone, en su interior y fuera de ella, de Laboratorios generales, incluso individuales, y hasta talleres mecánicos, de los cuales los más importantes han sido donados y montados por antiguos Ingenieros de la Escuela, que han llegado a dirigir o poseer grandes industrias de las especialidades correspondientes.

Los principales corresponden a los estudios siguientes: Física.—Química.—Química general y analítica.—Mineralogía y Geo-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

logía.—Física industrial.—Electrotecnia.—Medidas eléctricas.—Ensayo de materiales y cortes de piedras.—Máquinas térmicas.—Máquinas-herramientas.—Fundición.—Máquinas hidráulicas.—Físico-química de la metalurgia.—Procedimientos térmicos de la misma.

Todo el curso, y durante las vacaciones de verano, los alumnos asisten, incluso trabajan, algunos días en cada una de las más importantes industrias; tales como fábricas del gas, compañías de ferrocarriles, trabajos públicos y navegación, a la vista y bajo la vigilancia de sus profesores o ayudantes correspondientes.

Los exámenes generales, de salida de la Escuela y las pruebas y manipulaciones de cada especialidad, memorias y proyectos exigidos a la salida (estos últimos en clausura), los pasan los alumnos ante el profesor titular de cada asignatura y profesores asesores. Puede darse el caso desgraciado de que la «nota general de salida» no sea suficiente y el alumno sale definitivamente de la Escuela sin título alguno y obligado a realizar el servicio militar como soldado.

Como se ha dicho, la enseñanza militar se da a diario al terminar las faenas del día. La Escuela toma entonces un aspecto militar; los alumnos endosan el uniforme para asistir a las conferencias y a las maniobras e instrucción, que reciben en el gran patio central de la Escuela; en el que incluso puede maniobrar una media batería de artillería.

Durante el curso, cada semana pasa el alumno un examen sobre una de las asignaturas del mismo ante «repetidores» (profesores ajenos al cuadro de la Escuela), es decir, sobre unas ocho o diez lecciones de cada asignatura; de manera que han sufrido cuatro o seis exámenes «semanales» de las mismas por cada curso completo. El término medio de las notas semanales para cada asignatura, acumulado con igual valor a su «nota de fin de año», da la «nota media anual» de la misma, «nota media» que conoce y es la preocupación constante del alumno durante todo el curso. Acumuladas, según diversos coeficientes de importancia relativa, las «notas medias» de todas asignaturas, proyectos y manipulaciones del curso proporcionan a la Secretaría técnica de la Escuela la «nota media general» para cada alumno; «nota media» que automáticamente le permite pasar el siguiente año o le hace perder, en totalidad, el curso; lo que significa la pérdida de la carrera, salvo contadas excepciones de larga enfermedad o fuerza mayor. Esto ocurre algunas veces, incluso en el último año de la carrera.

El numeroso profesorado de la Escuela Central es elegido por el Consejo de Dirección de la misma entre los ingenieros, grandes fabricantes o técnicos más notables de cualquier procedencia, aunque generalmente de la misma Escuela y propuestos en terna a la aprobación definitiva al Ministro de Instrucción Pública. Están pagados generosamente, pero no con un sueldo fijo, sino por lección «explicada personalmente» durante hora y media, de modo que pierden el importe de las que, por una u otra razón tenga que explicar su Profesor Auxiliar. También son retribuídos éstos y los repetidores-examinadores por el número de exámenes semanales, manipulaciones o prácticas que se realicen, efectiva y personalmente.

Hemos entrado en estos detalles de organización escolar, semiinterna, por ser poco conocidos y menos empleados en España estos métodos, a los que, en dura competencia industrial, pacífica, han tenido que recurrir, franceses y alemanes sobre todo, para conseguir técnicos de máxima competencia teórica y práctica a la edad máxima de veintidós años, libertándolos a la vez del obligado servicio militar de soldado y aptos para crearse una posición productiva antes que una familia.

Madrid, 10 de mayo de 1950.

Se levantó la sesión a las dos de la tarde, tras de agotar los temas del orden del día, para continuarla a las 17 horas, para redactar las siguientes conclusiones generales:

1.ª Respecto de los transportes aéreos, la situación geográfica y aeronáutica de nuestra nación y sus propias exigencias, hacen del todo necesario desarrollar y completar en un plazo de diez años la Red de Rutas Aéreas y Aeropuertos Nacionales, dotándolos y equipándolos convenientemente para atender las crecientes demandas del tráfico aéreo nacional e internacional y evitar el alejamiento de este último hacia otras rutas que le ofrezcan mayores facilidades.

Dentro de este programa será conveniente tener en cuenta las posibilidades que ya ofrece el helicóptero y, por consiguiente, será útil prever la construcción de adecuados "helipuertos" en los centros urbanos más importantes de España.

Se considera, igualmente, recomendable activar la construcción de los accesos terrestres a los aeropuertos para contribuir a aumentar la rapidez del transporte aéreo.

2.ª Para aunar los esfuerzos de colaboración técnica, económica y administrativa del Estado y de los organismos e intereses regionales o locales, se considera necesario crear las Juntas Técnico-Administrativas de Aeropuertos, análogas a las Juntas de Obras de Puertos, dotándolas de personalidad adecuada para ejecutar, explotar y administrar todas las obras, instalaciones y servicios del aeropuerto.

3.ª Se considera conveniente estimular a las empresas de líneas aéreas extranjeras para utilizar los aeropuertos españoles, aprovechando la riqueza artística que España brinda, en

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

régimen de política de facilidades, reflejada en convenios aéreos, con reciprocidad efectiva en la práctica.

4.ª Debe fomentarse el desarrollo de la industria aeronáutica para llegar a la construcción de aviones de transporte de características adecuadas a nuestras necesidades, impulsando la investigación y experimentación y complementando éstas con una política de estímulo y ayuda a las nuevas iniciativas.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

SECCION 4.ª

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

GRUPO VII
SECCIÓN 4.ª

II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA
(28 de mayo a 3 de junio de 1950)

ACTA DE LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 30 DE MAYO DE 1950

Se abre la sesión a las cinco de la tarde del día mencionado, y se constituye la Mesa por el Sr. Ridruejo (D. Leopoldino), Ingeniero Agrónomo, que ostenta la Presidencia accidental en ausencia del titular, D. Manuel M.ª Arrillaga, y los Sres.: Rodero, en sustitución del Sr. Barcala; Laporte Sanz, Ingeniero Industrial, y D. Tomás Fernández Casado, Ingeniero de Caminos, que actúa de Secretario. Está presente asimismo el Ponente General de Tema, D. Angel Rivas Suardíaz.

Constituyó objeto exclusivo de la reunión, el estudio y discusión de la ponencia titulada «Solución económica del Problema del Transporte. Coordinación de los diversos aspectos del mismo», *elaborada por los siguientes miembros del Instituto de Ingenieros Civiles:*

PRESIDENTE: D. Carlos Botín Polanco, Ingeniero de Caminos.
SECRETARIO: D. Carlos Gutiérrez Hernández, Ingeniero Agrónomo.
VOCALES: D. Luis Rodríguez López-Neyra, Ingeniero Agrónomo.
D. José García Atance, Ingeniero Agrónomo.
D. Carlos Fesser, Ingeniero de Caminos.
D. Luis Aza Díaz, Ingeniero Industrial.
D. Mario Viani Caballero, Ingeniero Industrial.
D. Julio Nogués Caíz, Ingeniero Industrial.
D. Tomás Delgado Pérez de Alba, Ingeniero Industrial.
D. Antonio Comba Sigüenza, Ingeniero de Minas.
D. Joaquín Aguirre Martínez, Ingeniero de Minas.
D. Fernando Nájera Angulo, Ingeniero de Montes.
D. Alfredo Crespo Mocoroa, Ingeniero de Montes.
D. Jesús Alfaro Fournier, Ingeniero Naval.
D. Fernando Rodrigo Jiménez, Ingeniero Naval.
D. Felipe Lafita Babío, Ingeniero Naval.

El estudio elaborado por la ponencia es el que se reproduce a continuación:

Solución económica española del problema del transporte. Coordinación de éste

(PONENCIA)

EL PROBLEMA DEL TRANSPORTE, EN GENERAL

NATURALEZA ECONÓMICA DEL PROBLEMA Y PECULIARIDAD DE SU SOLUCIÓN PARA NUESTRA NACIÓN.—En el enunciado del título de esta ponencia se prejuzgan ya dos ideas, a las que desde este momento daremos valor de axiomas: el problema del transporte es fundamentalmente de naturaleza económica y su solución debe tener muy en cuenta las características especiales de nuestro país. Es, por lo tanto, un caso particular de un problema general; son aplicables a su estudio todas las ideas generales válidas en cualquier latitud, pero no pueden aceptarse sin riguroso estudio soluciones adoptadas en otros países.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Necesidad de que una nación disponga de un adecuado sistema de transporte racionalmente organizado.—Una nación necesita disponer de medios propios que aseguren su equitativa participación en el transporte marítimo, determinado por su comercio exterior, y de un adecuado sistema de transportes interiores.

Necesidad del tráfico marítimo.—La necesidad de la Marina Mercantes es evidente, como lo comprueba el hecho de que, desde la más remota antigüedad, es el instrumento de intercambio que llevó la civilización de unos a otros países y, además, es necesario e imprescindible como instrumento de guerra. Su importantísima función quedó demostrada en las dos últimas guerras, tanto en la nuestra de liberación como en la pasada mundial. Si no hubiésemos dispuesto de nuestra flota mercante, no hubiera sido posible atender al suministro de nuestro país durante la pasada guerra mundial, lo que incluso obligó a un país sin litoral, como Suiza, a crearse su propia flota.

Base económica de la Marina Mercante.—Como instrumento de paz, su existencia ha de ser fundada sobre una base económica; es decir, que no basta crear una Marina Mercante, sino que ha de tener vida propia.

La explotación de la Marina ha de constituir una fuente de ingresos para la Nación y no una carga; típico ejemplo de lo que debe ser una Marina Mercante eficiente es el caso de Noruega que, con poco más de 6.000.000 de habitantes, posee una Marina cuádruple que la nuestra, dedicada, en su más importante parte, al tráfico extranacional.

Una Marina eficiente es uno de los instrumentos más poderosos con que cuenta un Estado en sus relaciones comerciales con otros países (fuente de divisas, ahorro de las propias) y es importante también su actuación desde el punto de vista de política exterior.

Sistema de transportes interiores.—Es igualmente necesario que en toda nación exista un sistema de transportes interiores que ofrezca suficiente capacidad de tráfico y que se extienda todo lo necesario y en la forma precisa por el territorio nacional, como medio imprescindible para que puedan desarrollarse los vitales procesos económicos de la producción y de la distribución de bienes, tal como están organizados en la sociedad moderna. La construcción de los ferrocarriles produjo evolución profunda en las economías nacionales, al permitir, con las facilidades de transporte que brindaba la implantación de industrias, las explotaciones mineras, la creación de grandes núcleos de población cuyo abastecimiento resultaba posible sólo con el ferrocarril; la extensión de las explotaciones agrícolas al abrir éstas nuevos y amplios mercados, etc., etc. Y esta economía moderna, así condicionada por los transportes y en proceso continuo de crecimiento por el aumento demográfico, por la tendencia a un mayor nivel de vida y por el progreso técnico, exige cada vez más un sistema adecuado de transportes, racionalmente organizados desde el punto de vista económico.

Campo de acción propio de cada sistema y zonas de competencia.—Existen tráficos que, por el conjunto de características que los definen (naturaleza de la mercancía, masas que precisa transportar, concentración o disposición de la producción o del consumo, situación geográfica, etc.), están comprendidos inequívocamente en el campo de actuación privativa de un sistema de transporte determinado. En cambio, otros muchos pueden ser realizados por más de un procedimiento, y de esta posibilidad arranca la de competencia entre los sistemas afectados que, al exceder de cierta medida, cuando no puede aceptarse por consideraciones de interés general la desaparición de uno cualquiera de aquéllos, es preciso ordenar o limitar y, en definitiva, coordinar.

Coexistencia de todos los sistemas de transportes, delimitación de sus actividades y realización de cada tráfico por el sistema que resulte más económico.—La idea actual sobre coordinación de transportes, idea nacida, tal vez, en los medios ferroviarios, pero defendida hoy por los Estados y por la técnica económica, es que la coordinación de los distintos sistemas de transportes debe tener base económica. Unos y otros deben coexistir, no solamente por no lesionar estados de hecho, sino por ser conveniente el disponer de la suma de todos esos medios que, completándose unos y otros, integran una herramienta más potente y flexible. Unicamente deben delimitarse sus campos de acción, y, para ello, deben repartirse los tráficos de manera que cada uno realice aquél que le sea más propio y que sea capaz de desarrollar en mejores condiciones económicas que los demás sistemas. Indudablemente, lo que conviene a la mejor marcha de la economía total de una nación es que todo transporte se realice por el medio que resulte más barato. Esta es la norma que debe orientar, en líneas generales, una política de distribución del tráfico entre ferrocarriles, carreteras, aviación y vías navegables y, con arreglo a ella, es como debe determinarse qué relaciones deben ser servidas por unos y otros.

Condiciones de igualdad en que han de ser comparados los precios de coste totales.—Para comparar los precios de coste de unos y otros medios de transporte, hay que tener muy en cuenta el que unos y otros estén en las mismas condiciones respecto a las cargas económicas y, en general, a los gastos y cargas de toda especie. En especial, en los transportes terrestres deben tenerse en cuenta los gastos correspondientes al camino que utiliza, es decir, que en todos los casos los precios de coste que se comparen deben ser los *totales*, que son, en definitiva, los que realmente cuestan, aunque algunas de las partidas que lo constituyen no las paguen las empresas porteadoras, sino el presupuesto nacional.

Otras razones que deben considerarse y que limitan la estricta aplicación del sistema económico.—Sin embargo, la aplicación de este principio de realizar cada tráfico de la manera más económica, no puede hacerse de un modo muy estricto; hay muchos casos en los que, al considerar los transportes interiores, por ejemplo es evidente que conviene mantener en explotación líneas ferroviarias deficitarias por razones estratégicas, o de interés general, o conviene hacer con el ferrocarril un servicio de cercanías no remunerador, pero que, por su intensidad, no podría hacerse de otra manera, o, más en general, conviene mantener la obligación de transportar por parte del ferrocarril toda clase de mercancías para asegurar los intereses económicos generales. Ordinariamente estos casos de excepción del principio económico van en contra de la libertad de acción del ferrocarril y derivan de su carácter de servicio público nacional, y la des-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

igualdad que ello supone debe compensarse con un trato de favor por parte del Estado en otros aspectos, sobre todo en el económico.

EL PROBLEMA DEL TRANSPORTE EN ESPAÑA

Débil potencialidad económica en España.—Examinados ya los términos generales en que se plantea en la actualidad el problema del transporte, pasemos a considerar las características especiales con las que se presenta en nuestro país.

España es un país pobre, poco industrializado y poco industrializable, por la modestia de sus mercados domésticos y la dificultad de competir en el exterior, que es consecuencia de la limitación de nuestras riquezas naturales y de la inexistencia de volante regulador que, para producciones importantes, supone la exigüidad de los consumos propios.

La pobreza de nuestras riquezas naturales y el consiguiente bajo nivel de nuestra producción, tanto de la agrícola como de la industrial, se refleja en las cifras de la renta nacional, que no ha ascendido, en el año 1948, sino a 108.517 millones de pesetas, o sea, a 3.927 pesetas por habitante y a 10.884 pesetas por individuo activo, cifras bajas en relación con las registradas en otras naciones. Por ejemplo, en Suiza la renta era, en el año 1947, de 3.700 francos por habitante; en Estados Unidos, 1.400 dólares; en Inglaterra, 180 libras, y en Francia, 79.000 francos también por habitante, y en la misma fecha. Esta escasez de nuestra renta nacional hace que sea sólo una pequeña proporción de ella la que se dedica a la inversión y, por tanto, se nota falta o escasez del capital preciso para la financiación de la gran industria.

Condiciones que impone esta debilidad económica al desarrollo industrial y, en especial, en el campo de los transportes.—Las limitaciones que estas desfavorables características de nuestra economía traen aparejadas sólo pueden superarse: *a*), con la más rigurosa selección de las iniciativas privadas; *b*), con la más rigurosa armonía entre los programas industriales de todas clases; *c*), evitando dobles empleos de capital que la modestia de nuestro ahorro no permite, en cuanto una inversión innecesaria trae aparejada otra necesidad insatisfecha, y *d*), mediante la racionalización de todas las explotaciones, que permita hacer cada una de ellas en las debidas condiciones económicas.

Esta política general llevada al campo de los transportes debe traducirse en una coordinación que evite las inversiones de primer establecimiento innecesarias, el desaprovechamiento de las realizadas con anterioridad, los bajos coeficientes de utilización de los medios de transportes puestos a disposición del usuario y los precios de coste excesivos.

Inexistencia de transportes por vías navegables interiores. Poca importancia de la competencia de los transportes terrestres con el cabotaje.—El fuerte relieve orográfico de la Península Ibérica, al hacer imposible la navegación fluvial y la construcción de canales, ha eliminado uno de los sistemas de transporte interior que en otros países contribuyen a facilitar el tráfico. En sentido contrario, la gran extensión de nuestras costas y la concentración a lo largo de las mismas de parte muy importante de la riqueza nacional, determina una posibilidad de colaboración del cabotaje en un volumen importante del tráfico nacional, que puede optar entre el transporte marítimo periférico y el terrestre por líneas interiores. Esta doble posibilidad no ha determinado en la práctica grandes pugnas comerciales, por la casi automática distribución del tráfico que las características peculiares de las dos vías afectadas ha determinado; pero un desarrollo desproporcionado del material a disposición de cualquiera de ellas pudiera dar origen en el futuro a competencias antieconómicas.

La subida de tarifas ferroviarias a un nivel justo ha restablecido el equilibrio en la competencia entre ferrocarril y cabotaje.—En estos últimos años se han quejado los armadores de que los ferrocarriles hacían la competencia al tráfico de cabotaje. Estas quejas tenían el fundamento de que el nivel de las tarifas ferroviarias era excesivamente bajo, lo que determinaba un anormal desequilibrio en los precios de ambos sistemas de transporte.

Pero, una vez que el Gobierno ha juzgado oportuno la elevación de las tarifas al nivel preciso para conseguir la suficiencia de la explotación, ha desaparecido tal anormalidad y queda restablecido el problema de la distribución de tráficos entre estos dos sistemas, sobre su debida base económica. Con ello y con la ordenación de transporte que ya se tiene establecida en el sentido de orientar al cabotaje, el tráfico entre puertos que le es propio, quedará reducida esta competencia entre ferrocarril y cabotaje a los términos de equilibrio en que hasta ahora se ha desarrollado.

Suficiencia de una actitud de vigilancia en la posible competencia en transportes terrestres, marítimos y aéreos.—No se trata, pues, en este caso, de estudiar una fórmula de coordinación que corrija los excesos y elimine los perjuicios de una competencia viva, sino de montar una vigilancia que evite el crecimiento de una competencia, hasta ahora poco notoria.

Por el momento puede asegurarse que esta actitud de vigilancia basta para regular las relaciones entre los tres grupos de transporte: terrestres, marítimos y aéreos, y que la situación creada dentro del grupo de transportes terrestres entre los ferroviarios y los mecánicos por carretera, obliga a una coordinación más activa entre estos dos sistemas a los que vamos a referirnos a continuación de manera especial.

COORDINACIÓN DE FERROCARRIL Y CARRETERA

Importancia de la competencia entre ferrocarril y carretera.—Sobre la base que queda sentada de que la coordinación de los transportes debe hacerse teniendo en cuenta la razón de la mayor economía, examinemos un poco más ampliamente el tema estudiando el desarrollo y las aplicaciones de ese principio general en el caso especial de la coodinación del ferrocarril y de la carretera, que es el problema que en nuestro país tiene más importancia.

El problema de la coordinación afecta y gravemente, como es sabido, a los ferrocarriles de todas las naciones, en especial en lo que respecta a la competencia de la carretera. Por ello, no es de extrañar que las administraciones ferroviarias se hayan preocupado de estudiarlo en el seno de sus asociaciones internacionales.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Encierra indudable interés el informe que sobre la cuestión emitió la Unión Internacional de Ferrocarriles en diciembre de 1948, informe destinado al Comité de Transportes interiores de la Comisión Económica para Europa, y que puede decirse que interpreta la opinión de los ferrocarriles europeos en esta cuestión.

Opinión de la U. I. C. de que la coordinación ferrocarril-carretera deba ser hecha según el principio elonómico aplicado en condiciones de igualdad.—Este informe sienta, como principio general, que la coordinación del ferrocarril y de la carretera debe ser hecha de manera que los campos de acción de cada sistema de transporte sean los que correspondan a sus posibilidades técnicas, teniendo en cuenta sus precios de coste, de modo que, en conjunto, se reduzca al mínimo el coste del transporte para la colectividad. Para ello deben reglamentarse los transportes de modo que se coloquen ferrocarril y carretera sobre un pie de igualdad; sus tarifas deben corresponder a sus precios de coste total, los reglamentos de su personal deben ser análogos y ambos medios de transporte deben complementarse y enlazarse para el mejor servicio público.

Como se ve, estos principios generales no hacen sino desarrollar aquella primera idea de la base económica.

Estudios del Grupo de Trabajo de la Coordinación de Transportes de la Comisión Económica para Europa sobre el tema.—El Grupo de Trabajo de la Coordinación de Transportes de la Comisión Económica para Europa, de Ginebra, tiene en estudio el tema de la coordinación, y serán muy interesantes las conclusiones que en su día establezca, que ya no representarán sólo la opinión de las esferas ferroviarias. Por el momento, se tiene noticia de que el Grupo de Trabajo, en su sesión de septiembre de 1949, ha determinado los elementos que constituyen las bases indispensables en todo estudio del problema de la coordinación de transportes; resolución de gran interés, pues determina lo que podríamos llamar el enfoque del problema. Estos elementos son:

1.º El precio del coste real.
2.º La estructura de las tarifas.
3.º El potencial de tráfico.
4.º Necesidades de los usuarios y calidad de servicios.
5.º Organización de la industria de los puertos; y
6.º Condiciones de trabajo del personal.

Nótese cómo, de acuerdo con las ideas que hemos expuesto, se da el primer lugar al elemento de naturaleza puramente económica de los precios de coste reales o, como les hemos llamado antes, totales, pues, según se aclara en el informe del Grupo de Trabajo, en tales precios deben comprenderse las ventajas de todas clases que resulten para un sistema de transporte determinado, de la acción o cesión de las colectividades (subvenciones, exenciones fiscales, gastos de peaje, etc.) y las cargas especiales que sobre unos y otros transportes existen (obligaciones de transportar, tarifas reducidas, etc.). Se aclara también que los precios de coste deben ser detallados lo más posible, para distintas clases de cargas, distancias y otros factores del servicio.

La legislación moderna recoge esta orientación de basar la coordinación en principios económicos, protegiendo convenientemente al ferrocarril.—De hecho, las ideas que decimos deben ser tomadas como base para resolver el problema de la coordinación, y se recogen en la legislación que en los distintos Estados ha aparecido más recientemente sobre el tema.

El Decreto sobre coordinación de transportes en Francia, de fecha 14 noviembre 1949, sienta el principio de que la tarificación base que se ha de establecer para los servicios de transportes por carretera en cada línea, se hará teniendo en cuenta todos los elementos del precio de coste. En el Decreto se salvaguardan los intereses del ferrocarril, con una serie de prescripciones que deben seguirse en los casos de coexistencia de transportes férreos y de carretera.

Forman la legislación española sobre la materia, la Ley de 27 diciembre 1947 y el Reglamento de 16 diciembre 1949. En nuestra legislación, como es sabido, se restringe el establecimiento de servicios por carretera coincidentes con el ferrocarril, y para el establecimiento de esos servicios se reconoce al ferrocarril el derecho de tanteo, y en el caso en que no se ejerza este derecho, la concesión de una de tales líneas se ha de hacer con la imposición de un canon que el concesionario debe satisfacer a la empresa del ferrocarril.

Peculiaridades propias de la situación de hecho en cada país.—La legislación vigente en esta materia y a la que nos acabamos de referir, citando la nuestra y la francesa, como ejemplo y por su modernidad, si bien está orientada por las ideas generales de carácter económico que decimos deben ser básicas en la cuestión, regula unas ciertas situaciones existentes de hecho en cada país, y, por lo tanto, atiende más aquellos aspectos del problema que se sienten en cada territorio con más realidad. Así, vemos en la ordenación francesa una atención especial al hecho de la existencia de muchas empresas privadas concesionarias de servicios de transportes en explotación, cuyos servicios se regulan en organizaciones y en planes de ámbito departamental, se fija como condición para la coexistencia del servicio ferroviario y por carretera en trayectos coincidentes el acuerdo tarifario entre unas y otras empresas, se prevé la posibilidad del cierre de líneas ferroviarias y la substitución del servicio en ellas por otras de transportes por carretera; medidas cuya aplicación está en estudio a consecuencia de la existencia de déficit en la explotación de algunas líneas secundarias.

En la legislación española, por la menor presión contributiva que se ejerce sobre los transportes por carretera, queda confiado el equilibrio entre las condiciones económicas de unos y otros sistemas en servicios paralelos, al citado canon de coincidencia, y no aparece la misma preocupación por regular y planificar unos transportes de carretera que por el momento no constituyen un conjunto de excesivo volumen, por lo cual se puede dejar, en general, cierta libertad a la industria privada para establecerlos y mantenerlos.

Pero conviene insistir en las razones que habría que tomar en consideración si el cambio de las actuales circunstancias, por una u otra parte, determinasen modificación esencial de los términos en que actualmente está planteado el problema en España.

Compensaciones debidas al ferrocarril por las obligaciones especiales a que está sometido en su concepto de servicio público nacional.—En este aspecto, en primer lugar, hay que insistir en el concepto de servicio público nacional propio del fe-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

rrocarril. En este concepto, el transporte ferroviario reporta beneficios muy importantes al Estado y al conjunto de la economía nacional. Cumple con la obligación de transportar cualquier clase de mercancías y por cualquiera de sus líneas, sin escoger los tráficos remuneradores; mantiene la igualdad de tarifas en las distintas líneas; soporta las tarifas reducidas existentes por razones sociales o de conveniencia nacional; efectúa los transportes públicos, militares, etc.; ha de hacerse cargo de los excesos de tráficos que en períodos de punta se presentan y que, al no ser remuneradores, no son absorbidos por las líneas regulares de transporte por carretera. Es el medio de transpote seguro que siempre está a la disposición del usuario. Por este último concepto se ha sostenido que merecería el ferrocarril una cierta compensación económica con la que el Estado pagase esta función aseguradora.

Todas estas razones refuerzan la idea de que, no solamente la comparación entre el rendimiento económico de ferrocarril y carretera ha de hacerse en términos de completa igualdad, sino que, además, el Estado debe tener consideración especial con el ferrocarril, sobre todo, en el aspecto financiero, ayudándolo a la mejora de su establecimiento en obras e instalaciones que interesan al mismo tiempo al Estado y al ferrocarril, como son ciertas ampliaciones, las electrificaciones, las construcciones de dobles vías y la supresión de pasos a nivel.

Procedencia nacional o extranjera de material, artículos de consumo y combustible.—Otra consideración muy importante que se ha de tener en cuenta en esta situación de la coordinación entre ferrocarril y carretera en España, es la relativa a la mayor o menor dependencia de uno y otro transporte de la importación del exterior. Sabido es que el carbón que queman las locomotoras de vapor es, en casi su totalidad, de procedencia nacional, y que también es nacional la energía eléctrica consumida en las electrificaciones, mientras que la gasolina y los aceites que consumen los vehículos de transporte por carretera han de ser importados, lo que tiene el inconveniente doble, de que tal transporte está sometido a la contingencia de cualquier irregularidad en el suministro y el de que, en todo caso, este suministro, lo mismo que el de las cubiertas, que también en gran parte se han de importar y el de incluso los mismos vehículos, ha de ser pagado en divisas, grave dificultad en períodos de comercio internacional adverso.

Importancia que tiene el que el combustible empleado sea nacional.—Para comprender la gran importancia de este extremo daremos algunas cifras. El consumo de carbón en tracción hecho por la Red Nacional en el año 1948 fué de 2.732.000 toneladas, y el gasto presupuesto para ese combustible para 1950 es de 793 millones, sobre un total de 3.324 millones a que asciende el total del presupuesto de los gastos de explotación, o sea, que el gasto del carbón es un 24 % del gasto total de la RENFE. El consumo de energía eléctrica, en el mismo año de 1948, fué de 130 millones de kw.-h., con un importe total de 16.400.000 pesetas.

Con este consumo de carbón y energía eléctrica se movió un tráfico de 7.566 millones de viajeros-Km. y 5.541 millones de toneladas-Km. Si este tráfico hubiese habido que hacerlo por carretera, suponiendo que el de viajeros se hubiese realizado con autocares de tipo medio de 30 plazas y consumo de 25 litros de gasolina por 100 kilómetros y un coeficiente de aprovechamiento del 75 %, y el de mercancías con camiones de 7 toneladas de carga, con coeficiente de aprovechamiento del 70 % y gasto de 35 litros de «gas-oil» los 100 kilómetros, hubiese sido preciso consumir 84 millones de litros de gasolina y 385 millones de litros de «gas-oil» en un año; en total, 470 millones de litros de carburantes, cifra que hay que comparar con la de 700 millones de litros a que asciende actualmente el consumo anual total en todas las aplicaciones. El consumo suplementario de otros 470 millones de litros de carburante supondría un gran aumento del volumen de nuestras importaciones y haría necesario duplicar casi la capacidad de nuestras actuales instalaciones de almacenaje.

Se ve la gran importancia que tiene el que el combustible consumido sea nacional y no tenga que ser importado y pagado en divisas, y esta consideración es igualmente aplicable a los mismos vehículos automóviles que harían falta en gran cantidad para substituir los servicios ferroviarios.

Seguridad de abastecimiento del combustible.—Es tan importante esta cuestión de que el combustible o la fuente de energía que se emplee en el sistema de transporte nacional no dependa del exterior, que, en reciente conferencia del Director del Ejecutivo de los F. C. ingleses, Mr. Missenden indicaba como razón muy importante para preferir la electrificación a la tracción Diesel como medio moderno de tracción con el que substituir la anticuada tracción de vapor en aquellos ferrocarriles, la de que la energía eléctrica era de fuente nacional y los combustibles líquidos habrían de llevarse de fuera, y hay que tener en cuenta que, precisamente, Inglaterra tiene posibilidades propias en abastecimiento de petróleo y una posición especialmente segura en el transporte marítimo. Sin embargo, sólo la estimación de los posibles trastornos que pudieran surgir en los transportes, descargas en puerto, posibilidad de interrupciones por guerras, o análogas circunstancias anormales, hace que la citada y autorizada personalidad considere como gravemente inconveniente, en el aspecto dicho, el consumo de los combustibles líquidos.

Delimitación de casos de aplicación de un sistema de transporte o de otro por la densidad de tráfico existente en cada línea particular.—Se ha hablado mucho en este tema de la coordinación de la delimitación de los campos de acción del ferrocarril y de la carretera, con respecto a la naturaleza de las mercancías, longitudes de transporte, volumen de tráfico, carácter de regularidad de éste, etc. Tal delimitación de los campos de acción resulta hecha racionalmente al aplicar el criterio económico de coordinar los transportes atendiendo a sus precios de coste. En especial, merece consideración en estos momentos la aplicación de este principio a la determinación de qué medio de transporte es más apropiado para cada trayecto en atención a la densidad de tráfico que por él ha de realizarse. Para sanear su situación económica, actualmente los ferrocarriles se están esforzando por localizar las causas del déficit, localización que comienza por el estudio de los precios de coste y resultados de la explotación para las distintas líneas, principales, auxiliares o secundarias y ramales.

Dificultad de la determinación precisa del rendimiento de la explotación por cada línea particular de una red ferro-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

VIARIA.—Es fácil aludir al problema en abstracto, pero su simple planteamiento concreto, sin hablar, por el momento, de su solución, entraña enormes dificultades. Para formarse idea de las mismas basta considerar que sin establecer una discriminación por líneas, y operando sobre precios medios reales de coste registrados en el conjunto de su red, calcula la RENFE que la simple consideración de la naturaleza y forma de efectuar los diferentes tráficos de mercancías que tiene a su cargo, permite concluir que aquellos precios medios oscilan entre valores que guardan entre sí la relación existente entre los números 1 y 4,44.

IMPORTANTES APLICACIONES DE ESTOS ESTUDIOS EN EL SANEAMIENTO ECONÓMICO DEL FERROCARRIL Y SU CONEXIÓN CON LOS PRINCIPIOS SENTADOS PARA LA COORDINACIÓN CON LA CARRETERA.—Como posible resultado de los estudios de esta clase actualmente en curso, se habla en Francia y en Inglaterra del cierre de algunas líneas secundarias, cierre total o del servicio de mercancías, manteniendo el de viajeros con automotores ligeros y substituyendo los servicios suspendidos con otros por carretera, y en la legislación ya se preven estas posibilidades y se regulan los procedimientos. Se habla también del cierre de estaciones pequeñas en ciertas líneas y de la supresión de servicios cortos no remuneradores y de la concentración de esfuerzos y medios en las líneas principales y en los largos trayectos.

Toda esta política de saneamiento económico está íntimamente relacionada con la coordinación entre el ferrocarril y la carretera, pues que se basa en ceder a la carretera aquellos servicios que resultan deficitarios para las redes ferroviarias, pero pueden ser remuneradores para la carretea, y se oganizan en plan complementario del ferrocarril, que ha de seguir manteniendo el papel principal en un sistema total del transporte, cuyas arterias vitales serán las líneas férreas principales.

CONSIDERACIONES SOBRE LAS DISTINTAS DENSIDADES DEL TRÁFICO DE MERCANCÍAS POR LAS LÍNEAS DE LA RENFE.—Veamos a este objeto el mapa general de nuestra Red Nacional, en el cual, y utilizando los últimos datos estadísticos, se ha señalado la distinta densidad de tráfico de mercancías desarrollado en el año 1949, en cifra media diaria. A pesar de que nuestra Red no llegó a un estado de desarrollo lineal comparable a otras redes europeas, mucho más densas, se encuentran muchas líneas con densidades de tráfico muy bajas, bastante inferiores a las 500 toneladas diarias. Observemos que, para hacer un tráfico diario de 200 toneladas en un trayecto de longitud no muy grande, como el de la mayoría de estas líneas secundarias, bastaría con un parque de 40 ó 50 camiones, y que el servicio ferroviario exige el mantenimiento de un personal de estaciones y de conservación de la vía e instalaciones a lo largo del trayecto y cuantiosos gastos de conservación y renovaciones de las instalaciones fijas para asegurar la circulación acaso de un solo tren de mercancías en cada sentido.

Por el contrario, al otro extremo de la escala de los trayectos ordenados por densidad de tráfico, encontramos los correspondientes a líneas principales con densidades de tráfico del orden de las 4.000 toneladas que, para ser hecho con transporte automóvil, supondría un número de camiones cuya circulación sería imposible por nuestras carreteras.

DESARROLLO DE LA COORDINACIÓN ENTRE EL FERROCARRIL Y LA CARRETERA, EN ESPAÑA

CONDICIONES EN QUE SE PRESENTÓ INICIALMENTE LA COMPETENCIA ENTRE EL FERROCARRIL Y LA CARRETERA.—Una serie de circunstancias adversas para la industria del transporte, han venido, paradójicamente, a facilitar la resolución de uno de los problemas parciales más arduos dentro del general de la coordinación, cual es el de la competencia entre el ferrocarril y la carretera. En efecto, cuando en el período posterior a la primera guerra mundial aparecieron en la carretera los camiones pesados y comenzaron a sufrir los ferrocarriles su competencia, elevaron éstos su voz reclamando el establecimiento de una coordinación justa. Realizados unos y otros transportes por empresas de carácter privado, se lamentaban los ferrocarriles de que no existían condiciones de igualdad, al estar ellos sometidos a la obligación de transportar, no poder elegir los tráficos ni poder fijar las tarifas a su conveniencia y, sobre todo, al disfrutar los transportes automóviles del uso de las carreteras nacionales, casi sin pago del peaje.

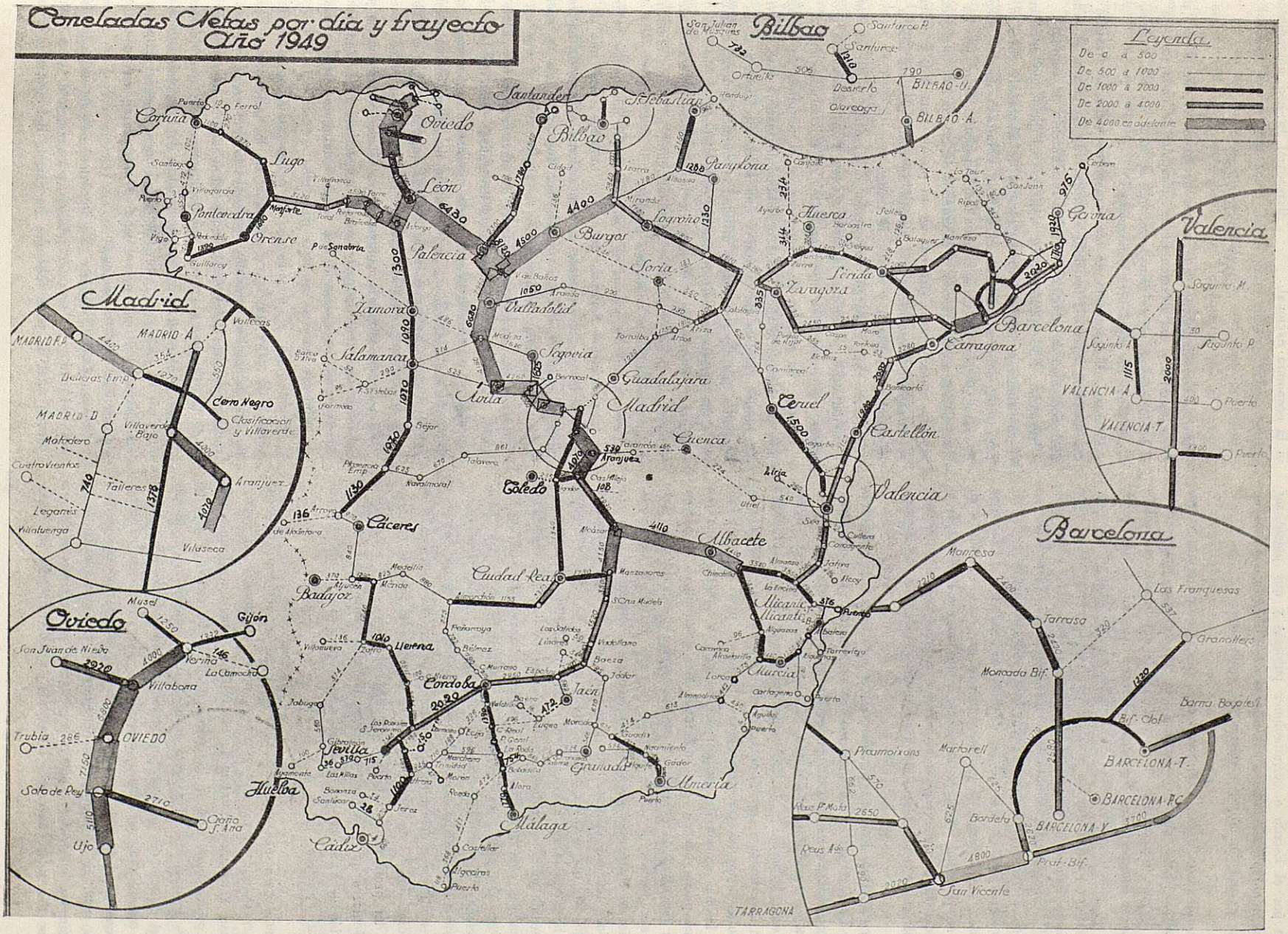
El problema fué agravándose al aumentar el transporte en camiones, y, naturalmente, se presentó no sólo en España, sino en todas las naciones, y con caracteres más manifiestos en aquéllas en las que una buena red de carreteras, la existencia de una fuerte industria de construcción de automóviles y el fácil abastecimiento de combustible, favorecían el transporte automóvil. Se impuso la necesidad de la coordinación y comenzaron a publicarse las primeras leyes sobre la materia.

NACIONALIZACIÓN DE LOS FERROCARRILES. BASES DE SU CONSTITUCIÓN.—En estas últimas décadas, en la casi totalidad de los países de Europa, se constituyen las redes nacionales de ferrocarriles. Hacen necesaria esta evolución en la organización de esta importante rama del transporte, en primer lugar, la adversa marcha económica de las compañías privadas, producida, en gran parte, y precisamente, por la competencia de los otros medios de transporte, y otras varias razones, tales como la propia naturaleza del régimen de concesiones, la marcha financiera de las empresas, pues, al no conseguirse la autofinanciación para obtener las nuevas inversiones que el ferrocarril necesita constantemente, se había llegado a una participación importante de los Estados en una u otra forma, la crisis económica general, las consecuencias de las guerras, etc.

Los Estados se encuentran ante una red o una serie de redes de ferrocarriles que es necesario mantener, pues constituyen el medio de transporte más importante e insubstituíble, por razones de capacidad, seguridad y economía, y estos ferrocarriles no pueden continuar en régimen de empresa privada, porque las empresas no obtienen de ellos el beneficio lógico, y porque no se consiguen los nuevos capitales necesarios, y se tiene que decidir la nacionalización.

Se hace ésta según bases tan parecidas en unos y otros países que se puede pensar que son las que la misma naturaleza de estas nuevas empresas reclaman. Se constituyen las redes nacionales como empresas nacionales que funcionan en régimen de empresa industrial con autonomía administrativa, económica y financiera, sobre la base de la autosuficiencia económica en su explotación, en la que las tarifas deben cubrir los gastos, incluídas las cargas financieras, las amortizaciones y la renovación, y

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO



FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

con un capital que forma su patrimonio propio aportado inicialmente por el Estado o corporaciones públicas y que puede ser incrementado para atender a las nuevas adquisiciones o gastos de primer establecimiento por medio del empréstito.

Coordinación de la carretera con los ferrocarriles nacionalizados.—Esta nueva estructura de las empresas ferroviarias tiene forzosa repercusión en la manera de enjuiciarse el problema de la coordinación. Ahora, los ferrocarriles son de la nación y no de poderosas empresas capitalistas, en beneficio de las cuales pudiera parecer que se quisiera resolver la competencia, y es el mismo Estado el propietario de unas y otras vías, cuyos gastos de conservación, renovación, amortización y financieros, en el caso de las vías férreas, cargan sobre los productos de la explotación, y, en el caso de los caminos ordinarios y de las vías fluviales, son a cargo de los presupuestos generales en toda o en casi su totalidad. Aparece entonces como enteramente lógico el plantear la competencia en el terreno de una igualdad justa y completa entre las cargas de unos y otros medios de transporte.

Dificultades para la determinación de fórmulas concretas y de la evaluación del rendimiento económico de cada transporte. Deben considerarse razones y circunstancias ajenas al estricto principio económico.—La producción de este nuevo ambiente favorable a la casi universal aceptación del problema de la coordinación, no elimina las dificultades que el estudio de fórmulas concretas trae aparejadas. Dado un paso más y admitida la más simple de atribuir cada tráfico a aquel sistema por el que pueda hacerse en condiciones más económicas, se presenta la dificultad de determinar con la necesaria exactitud los verdaderos precios de coste propios de cada medio de transporte, precio de coste que, no solamente debe ser determinado en condiciones teóricas medias, sino para cada caso o lugar particular. Luego, hay que atender a todas las otras razones de interés general de facilidad de abastecimiento del combustible, de existencia de instalaciones o medios que conviene aprovechar, de necesidad de enlaces con otras líneas o sistemas de transporte, de capacidad de transporte, de seguridad de mantenimiento de las comunicaciones, de conveniencias estratégicas, etc., etc.; todas estas circunstancias particulares deben ser tenidas en cuenta, tanto en los estudios que deben hacerse para sentar las bases generales de coordinación del ferrocarril y de la carretera en nuevas situaciones del problema a que pudiera llegarse, como en los estudios particulares que, para elegir el medio más conveniente, hubiera ocasión de hacer en los casos en que se plantease la oportunidad de tal elección.

Aplicación del criterio económico de la coordinación de los transportes en los estudios de construcción de nuevas líneas férreas.—Apuntemos, por último, como otra aplicación del principio de que en la coordinación de ferrocarril y carretera es fundamental el aspecto económico, la consideración de que en el estudio de construcción de nuevas líneas ferroviarias deben ser tenidas muy en cuenta estas ideas, para no llegar a encontrarnos con líneas de construcción más o menos costosa que después resulten de explotación deficitaria y que racionalmente debieran ser substituídas por la explotación por carretera. En que no se den tales casos está interesada la RENFE, pero no lo están menos, ni los transportes por carretera, ni el mismo Estado, ni la economía nacional.

CONCLUSIONES

De las consideraciones que hemos hecho en el cuerpo del presente estudio y del examen de la situación de cada uno de los sistemas nacionales de transporte, que se hace en los Anexos, se desprenden las siguientes conclusiones:

Primera. El problema de los transportes debe ser tratado en sus distintos aspectos, teniendo siempre muy en cuenta el principio económico de obtener el mejor rendimiento de conjunto.

Segunda. En especial, debe aplicarse el principio anterior a la coordinación de los distintos medios de transporte entre sí, y, para ello, debe acometerse el estudio detallado de los precios de coste propios de cada sistema de transporte. Estos precios de coste deben ser los totales, y calculados de tal manera que queden situados unos y otros sistemas en un pie de igualdad, y deberán referirse, no solamente a los precios de coste medios, sino a los de detalle por líneas y clases de tráfico.

Tercera. Sin embargo, no pueden dejarse de tomar en consideración otros poderosos factores ajenos a los puramente económicos, que intervienen en el problema de la coordinación.

Cuarta. La política de inversiones en el conjunto de los sistemas de transporte debe estar orientada de manera que se eviten los dobles empleos de capital y que se dé preferencia a las inversiones que reporten mayor utilidad económica general, atendiendo a las características propias de cada sistema.

Quinta. Dentro de cada uno de los sistemas de transporte la explotación debe organizarse racionalmente, a fin de obtener el mejor rendimiento económico posible.

Los estudios de precios de coste a los que nos hemos referido en la Conclusión Segunda deben ser tomados como una de las bases de las posibles medidas de saneamiento económico del transporte y están en íntima conexión con los principios de coordinación que deben aplicarse.

Sexta. Las actuales necesidades de nuestra red ferroviaria de ancho normal, tanto en capacidad de tráfico, como en los demás aspectos, y, especialmente, en el del rendimiento económico, quedarán bien atendidas con la realización del Plan General de Reconstrucción y Reformas de la RENFE, aprobado por el Gobierno y actualmente en realización.

Para que la industria nacional de construcción ferroviaria pueda desarrollar toda la parte que le corresponde del Plan de Reconstrucción, es necesario que se le suministren las cantidades de primeras materias precisas para ello.

Séptima. En el terreno de la competencia entre el ferrocarril y la carretera, la conveniencia de la aplicación a España de los principios generales expuestos se refuerza por las circunstancias especiales de la nacionalización de los ferrocarriles, y de la dificultad de hacer nuevas inversiones y por el carácter nacional o extranjero del abastecimiento de los combustibles que precisan el uno y el otro sistema. Tienen especial importancia las obligaciones que pesan sobre el ferrocarril en su concepto de servicio público nacional.

Octava. Deben vigilarse las importaciones de vehículos nuevos destinados al servicio público por carretera, para que el parque total de tales vehículos no exceda del necesario para la

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

realización de dicho servicio, dentro de los límites que le corresponden, de acuerdo con los principios sentados para la coordinación con el ferrocarril.

Novena. En la renovación de la parte que se juzgue precisa del parque de material de transporte por carretera, por vetustez o mal estado de los vehículos, debe atenderse a que el material nuevo que se adquiera permita obtener el debido rendimiento económico y por sus características técnicas y su modernidad, y debe tenerse suficiente garantía de que con tal renovación se substituyen realmente vehículos en servicio y no se aumenta innecesariamente el parque.

Décima. Se considera indispensable incrementar y modernizar la Marina Mercante para alcanzar, en una etapa de diez años, la cifra de 2.000.000 de toneladas de arqueo total. Este objeto puede ser alcanzado por la industria nacional de construcción naval, siempre que se le faciliten las primeras materias necesarias para ello y la importación del reducido número de elementos especiales y del herramental que precisan nuestras factorías navales.

Undécima. Debe mantenerse la política de protección del Estado a la construcción naval que inspira la legislación vigente sobre Crédito Naval, primas a la construcción y a la navegación, subvenciones a líneas de soberanía y reserva del cabotaje a buques de construcción nacional; legislación que debe seguirse teniendo al día.

Cuando, a pesar de la protección del Gobierno a la iniciativa privada, ésta no sea suficiente para el cumplimiento de los programas establecidos para el incremento de la Marina Mercante, o cuando se trate de servicios de soberanía o de líneas marítimas que convengan mantener con el debido prestigio, el Gobierno deberá tomar las medidas oportunas para suplir a la iniciativa privada, asegurando, al mismo tiempo, un trabajo continuo y un rendimiento adecuado a los astilleros e industriales navales del país.

Duodécima. Es deseable que se tenga en cuenta en las negociaciones de tratados comerciales y en la política de cambios especiales la conveniencia de fomentar, en competencia con los buques de otras banderas, el tráfico internacional de nuestra Marina Mercante que constituye importante fuente de divisas.

Décimotercera. De modo análogo al expresado en la Conclusión Décima, el suministro de las primeras materias para las necesidades de las obras y servicios de los puertos debe facilitarse de tal modo que el desarrollo de las instalaciones portuarias guarde el mismo ritmo que la construcción naval. También es preciso que se concedan facilidades para la importación de ciertos elementos auxiliares requeridos, tanto para la construcción como para la explotación de los puertos.

En el sentido expresado se considera como aspiración de los puertos españoles el que, en plazo de diez años, se capaciten para un tráfico total de cuarenta millones de toneladas anuales.

Décimocuarta. La explotación racional del tráfico marítimo de cabotaje debe estar basada en la máxima libertad y responsabilidad del armador y en la organización de todas y cada una de las operaciones que corresponden a su función.

Deben reducirse todo lo posible los impuestos, trámites y gastos de puerto, algunos de los cuales en los últimos años han sido elevados abusivamente hasta el punto de amenazar con una crisis grave el cabotaje nacional.

Décimoquinta. A los mismos efectos, y por lo que se refiere en especial a las operaciones portuarias, son también objetos esenciales los siguientes:

a) Las tarifas de cada puerto deben cubrir razonablemente sus gastos de explotación y conservación, sin perjuicio de que el Estado auxilie a determinados puertos que, por sus especiales indicaciones de carácter nacional, así lo precisen.

b) Se revisarán las actuales tarifas de los servicios auxiliares de los puertos para ajustarlos a un criterio de economía.

c) Con el mismo criterio deben ser revisados y redactados los Reglamentos laborales portuarios, evitando que constituyan un obstáculo a la racionalización del trabajo.

Décimosexta. Debe tenderse a que cada uno de los elementos que intervienen en el tráfico marítimo asuma la debida responsabilidad sobre las mercancías, mientras estén confiadas a su custodia.

Décimoséptima. La actual situación de la competencia entre los transportes terrestres con los marítimos y los aéreos no parece que ofrezca peligro de momento para el normal desenvolvimiento y actuación de unos y otros; es suficiente, por ahora, mantener una actitud de vigilancia hacia la coordinación de estos medios de transporte. Para ello, dadas las distintas jurisdicciones ministeriales a las que corresponden los tres tráficos, el terrestre, el marítimo y el aéreo, deberá tomar un organismo interministerial a su cargo el estudio y regulación de esta coordinación.

ANEXO NÚM. 1

A) EL TRANSPORTE POR FERROCARRIL.

ASPECTOS GENERALES DEL PROBLEMA

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA RED FERROVIARIA ESPAÑOLA.—Examinemos primero y como antecedente inmediato de la actual situación de los transportes terrestres en España, cuál era la del período de los años anteriores a nuestra guerra civil. Encontramos una red ferroviaria todavía en período de expansión, en construcción de dobles vías y de líneas nuevas en el que existen zonas extensas carentes de ferrocarril en el interior de las grandes mallas de la red. Pero, en líneas generales, puede decirse que la red tiene capacidad suficiente para la cuantía del tráfico que de ella se exige, como lo prueba el que, en el año 1930, pudiese hacer frente con facilidad a un tráfico que alcanzó el máximo hasta entonces registrado, con 3.343 millones de viajeros-kilómetro transportados y 5.282 millones de toneladas-kilómetro por todas las líneas de vía ancha, cuya longitud total en el año era de 11.961 kilómetros.

DESARROLLO DE LA RED DE CARRETERAS Y COMPETENCIAS CON EL FERROCARRIL.—Por los mismos años, la red nacional de carreteras, en situación parecida de insuficiente desarrollo y de calidad, más bien, deficiente, exceptuando las pertenecientes al Circuito Nacional, ha ido transportando una cantidad de tráfico creciente, que en mercancías llegaba, en el año 1930, a los 1.836 millones de toneladas-kilómetro y en viajeros a 6.415 millones. Como se ve, estas cifras ya representan una parte considerable en proporción a la de transporte por ferrocarril, se

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

va dejando sentir la competencia de la carretera y la marcha económica del ferrocarril se resiente de ello. En los años siguientes, se añaden a esto las funestas consecuencias de la importante baja del tráfico que, tanto en viajeros como en mercancías, ocasiona la situación política y la crisis económica subsiguiente en el período de la República. Las Compañías se debaten con mediano éxito contra esta situación, se suspenden las nuevas construcciones y adquisiciones de material y se refrena el entretenimiento de instalaciones, se clama contra la competencia de la carretera y se pide una justa coordinación. El problema del transporte adquiere caracteres agudos.

Efectos de la guerra civil en los sistemas nacionales de transportes terrestres.—Al acabar nuestra guerra de liberación se encuentra la red ferroviaria ante el apremiante problema de su reconstrucción. Gran parte del material ha sido destruído o gravemente dañado, y lo mismo ocurre con las instalaciones. Se emprende activamente esta tarea, pero se encuentran en seguida muy serias dificultades a causa de la guerra exterior y de sus repercusiones en la situación económica nacional.

Al mismo tiempo, los transportes por carretera se han encontrado en situación análoga de insuficiencia de capacidad. Primero, por falta de vehículos; después, por deficiencia en el abastecimiento de combustible, que pasa por varios períodos de gran restricción.

El tráfico que la carretera no puede atender revierte sobre el ferrocarril, que, por esta causa, se encuentra ante una demanda de tráfico excesivo para su capacidad, sobre todo, estando ésta menguada, en parte muy substancial, por las causas apuntadas. Lentamente, sin embargo, se desarrolla un proceso de normalización, y hoy día, sin que se haya llegado a la situación de normalidad existente el año 1950, en cuanto a suficiencia de capacidad y a calidad de servicios del ferrocarril, se puede decir que se ha experimentado ya una mejoría muy importante en este camino.

Problemas de capacidad de tráfico del ferrocarril.—Podemos, pues, decir que en estos momentos en España existe, en relación con el ferrocarril, en primer lugar, el problema de conseguir que el sistema ferroviario alcance la suficiente capacidad de tráfico, no sólo para desarrollar, con la debida agilidad y fluidez el que en este momento existe, sino para atender al aumento que cabe esperar en el progresivo desenvolvimiento económico de la Nación, y al mismo tiempo, para prestar todos los servicios con la normal amplitud, seguridad y rapidez. Hace falta, en segundo lugar, que la explotación se realice en las debidas condiciones económicas, para lo cual se precisa mejorar el rendimiento económico con un mejor material en equipo e instalaciones, que racionalice el proceso del transporte ferroviario.

CAPACIDAD DE TRÁFICO QUE DEBE PREVERSE PARA EL FERROCARRIL

Determinación de la cantidad de tráfico necesario por las condiciones económicas del país.—Examinemos más detalladamente el punto relativo a qué capacidad de tráfico debe preverse que ha de desarrollar el ferrocarril en un futuro próximo, como base sobre la que deben asentarse las previsiones de ampliación y mejoras de la red. Elemento muy esencial para esta previsión de tráfico, es el examen de la marcha que ha seguido en el pasado el tráfico desarrollado por los ferrocarriles españoles.

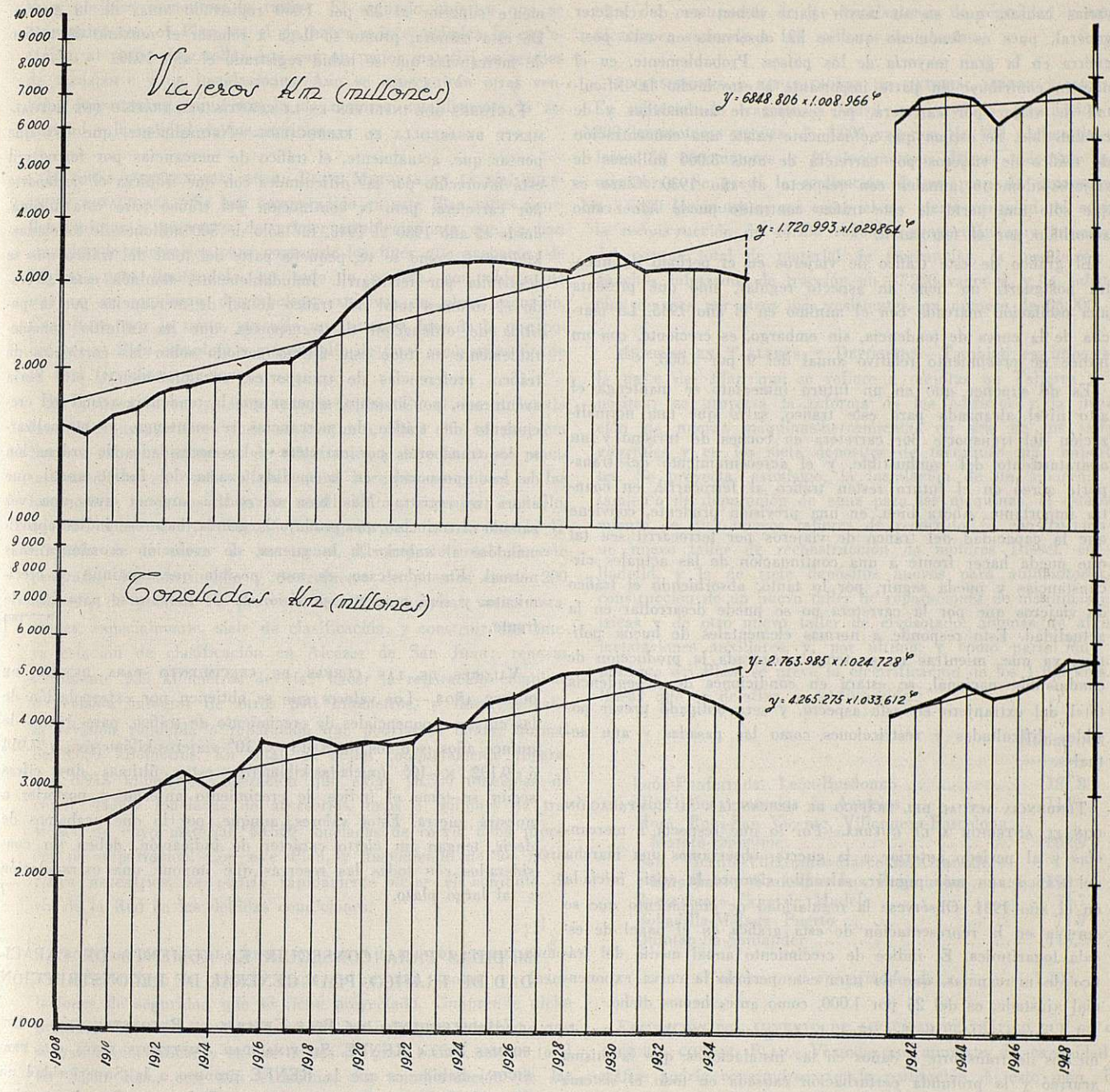
Naturalmente, el tráfico que ha de desarrollar el ferrocarril es el que exigen los procesos de producción y de distribución de la economía nacional, en lo que se refiere a mercancías, y el correspondiente a las necesidades de desplazamiento de personas, en lo concerniente a viajeros. El tráfico de mercancías viene condicionado, pues, por la evolución de la economía del país. Como esta evolución cabe suponer que sea paulatina, siguiendo un proceso continuo, parece oportuno hacer el estudio estadístico de la marcha del tráfico ferroviario, que podemos considerar como índice de la evolución económica general, con las oportunas limitaciones y aclaraciones que quepa señalar.

Suficiencia de la actual capacidad de tráfico en cuantía, pero con defecto de agilidad y rapidez.—En estos momentos, y después de un período de varios años en los que la insuficiencia de medios del ferrocarril produjo un represamiento del tráfico, se aprecian señales (como son la disminución de vagones pendientes de servir, pero mantenida o aumentada la cifra de cargas), que indican, con bastante seguridad, que, desaparecido aquel atasco, la cuantía del tráfico que actualmente se realiza mide bastante bien la demanda existente. No quiere decir esto que no sea necesario conseguir un aumento de la actual capacidad, pues es indispensable que el tráfico se haga con más agilidad y rapidez. Pero, en cuanto a volumen total de tráfico, podemos admitir que el que actualmente se realiza responde a las necesidades presentes y que este volumen actual puede tomarse como posición de partida en el estudio de la futura evolución que pueda seguir el tráfico. Esta evolución, desaparecidos los efectos restrictivos de la insuficiencia de medios de transportes, respondería, como antes indicamos, al progresivo desarrollo de la situación económica general. Por lo tanto, será muy interesante el estudio estadístico de la ley de crecimiento que ha seguido con anterioridad el tráfico por nuestros ferrocarriles.

Evolución del tráfico ferroviario en España desde 1908.—En la figura adjunta se ha hecho la representación gráfica de las dos curvas representativas del tráfico de viajeros y de mercancías por los ferrocarriles de vía ancha de España, desde el año 1908 hasta la fecha. Se resumen en tal curva y se presentan gráficamente los resultados obtenidos de la estadística y se figuran en ellos las curvas exponenciales ajustadas a las gráficas reales por la técnica estadística usual. Se ha tomado como fecha inicial para el estudio estadístico la del año 1908, porque desde este año se contaba con estadísticas exactas del tráfico correspondiente a una parte importante de las líneas que hoy constituyen la Red Nacional, por lo cual, y conocida con bastante aproximación, la relación en que se halla la densidad de tráfico por esas líneas con las que aquellas otras de las que no se dispone de estadística en aquellos años, se ha podido hacer la estimación del tráfico desarrollado en cada uno de los años de este período por el total de las líneas de vía ancha españolas, con buena garantía de exactitud.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Variación del tráfico en los Ferrocarriles Españoles



TENDENCIA CRECIENTE EN EL PERÍODO ANTERIOR A LA GUERRA Y MEDIDA DEL ÍNDICE DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL.—Importantes consecuencias se deducen del examen de estos datos. En el período anterior a la guerra, la marcha del tráfico es bastante regular y mantenía una tendencia creciente en su conjunto. Señala, muy manifiestamente el período de depresión de 1931 a 1936. Aún contando con este período, las curvas exponenciales ajustadas nos dan unos índices de crecimiento medio relativo anual del 30 por 1.000 para los viajeros y del 25 por 1.000 para las mercancías.

TENDENCIA DEL TRÁFICO DE VIAJEROS EN EL PERÍODO ACTUAL Y PREVISIONES DE SU FUTURO DESARROLLO.—La guerra marca una diferencia profunda en la marcha de los dos gráficos. No solamen-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

te están en ellos cortadas las curvas, sino que aparecen modificadas esencialmente en su contextura. En viajeros se observa el hecho sorprendente, aunque ya bien notorio y comentado, de que después de la guerra se viaja más del doble que antes. Esta mayor necesidad de viajar por ferrocarril debe obedecer a varias causas, que en su mayor parte deben ser de carácter general, pues es fenómeno que se ha observado en esta postguerra en la gran mayoría de los países. Probablemente, en el nuestro contribuye en parte importante a este hecho la dificultad de viajar por carretera, por escasez de automóviles y de combustible. Se estima que actualmente existe una concentración de tráfico de viajeros por carretera de unos 3.000 millones de viajeros-kilómetro anuales con respecto al año 1930. Claro es que sólo una parte de este tráfico contraído puede haber sido absorbido por el ferrocarril.

El gráfico de este tráfico de viajeros en el período de nuestra postguerra no tiene un aspecto regular, sino que presenta una oscilación marcada con el mínimo en el año 1945. La marcha de la curva de tendencia, sin embargo, es creciente, con un índice de crecimiento relativo anual del 9 por 1.000.

Es de suponer que en un futuro inmediato se mantenga el alto nivel alcanzado para este tráfico, salvo que una normalización del transporte por carretera en coches de turismo y un abaratamiento del combustible, y el acrecentamiento del transporte aéreo en el futuro resten tráfico al ferrocarril, en cuantía importante. Ahora bien, en una previsión prudente, conviene que la capacidad del tráfico de viajeros por ferrocarril sea tal que pueda hacer frente a una continuación de las actuales circunstancias y pueda seguir, por lo tanto, absorbiendo el tráfico de viajeros que por la carretera no se puede desarrollar en la actualidad. Esto responde a normas elementales de buena política, ya que, mientras no se tenga asegurada la producción de combustible nacional, se estará en condiciones de dependencia total del extranjero en este aspecto, y será obligado prever posibles dificultades y restricciones como las pasadas y aún actuales.

Tendencia actual del tráfico de mercancías. Su comparación con el anterior a la guerra.—Por lo que respecta a mercancías y al período anterior a la guerra, observamos una marcha del tráfico aún más regular, salvando siempre la crisis iniciada en el año 1931. Obsérvese la regularidad de crecimiento que se aprecia en la representación de esta gráfica en el papel de escala logarítmica. El índice de crecimiento anual medio del tráfico de mercancías, que da para este período la curva exponencial ajustada, es del 25 por 1.000, como antes hemos dicho.

La interrupción de los años de la guerra con la escasez de medios de transporte y daños en las instalaciones, que la misma acarreó y la profunda perturbación causada en todo el sistema económico nacional, tiene por efecto un retraso o descenso en el nivel del tráfico de mercancías. Este, desde el mismo año 1941, comienza a crecer de nuevo, con una tendencia bastante mantenida; pero su valor inicial en dicho año 1941, es sólo el mínimo a que había descendido en el año 1935, anterior al comienzo de la lucha. Si aceptamos las cifras correspondientes al tráfico ferroviario, como índices expresivos de la situación económica española, puede decirse que la guerra produce, de momento, el efecto de un retroceso de unos 15 años en el proceso de desarrollo económico. Pero, indudablemente, los esfuerzos por parte de la Red para la mejora de sus medios de transportes y la paulatina normalización de las condiciones económicas, permiten ir ganando ese retroceso inicial, y el crecimiento del tráfico tiene un valor relativo anual del 34 por 1.000, como se ve, netamente superior al 25 por 1.000 registrado antes de la guerra. De esta manera, pronto se llega a rebasar el máximo de tráfico de mercancías que se había registrado el año 1930.

Factores que influyen en la cuantía del tráfico que actualmente desarrolla el ferrocarril.—Naturalmente, que hay que pensar que, actualmente, el tráfico de mercancías por ferrocarril está favorecido por las dificultades con que tropieza el transporte por carretera, pero la contracción del tráfico para esta última, desde el año 1930 al 1948, fué sólo de 500 millones de toneladas-kilómetro; como se ve, pequeña parte del total del tráfico que se desarrolla por ferrocarril. Indudablemente, también está afectado el volumen total del tráfico actual de mercancías por la política de ordenación de transportes, que ha influído considerablemente en todo este último período sobre las corrientes de tráfico, preferencias de transportes, encaminamiento, etc. Sería aventurado, por lo tanto, suponer que la tendencia actual del crecimiento del tráfico de mercancías se mantenga, al normalizarse los transportes por carretera y las necesidades de ordenación de los transportes, en la medida exacta del índice anual que ahora se registra. Más bien se podría suponer que, una vez ganado el retroceso que produjo la guerra, baje ese índice aproximándose al anterior a la guerra, de evolución económica más normal. En todo caso, es muy posible que continúe el crecimiento, y será prudente previsión la de prepararse para hacerle frente.

Valores de las curvas de crecimiento para dentro de quince años.—Los valores que se obtienen por extrapolación de las curvas exponenciales de crecimiento de tráfico, para dentro de quince años, son los de 8.415×10^6 viajeros-kilómetros, y 7.914 ó 9.102×10^6 toneladas-kilómetro, estas últimas dos cifras según se tome el índice de crecimiento anterior o posterior a nuestra guerra. Estos valores, aunque, por lo que acabamos de decir, tengan un cierto carácter de indicación, deben ser considerados con todas las reservas que impone una extrapolación a tal largo plazo.

MEDIDAS PARA CONSEGUIR EL AUMENTO DE CAPACIDAD DE TRÁFICO. PLAN GENERAL DE RECONSTRUCCIÓN

Establecimiento del Plan General de Reconstrucción y Reformas de la RENFE. Su finalidad. Distintos fines que persigue.—Sabido es que la RENFE propuso a la Superioridad un Plan General de Reconstrucción y Reformas. Con la aprobación íntegra por parte de la Superioridad, este Plan merece la consideración de la fórmula aceptada de solución del problema económico del ferrocarril. Por ello, es obligado centrar nuestro estudio ahora en el del Plan a que nos referimos.

Tiene este Plan como finalidad, la de restaurar el equipo y las instalaciones de la Red, disminuídos y deficientes por los efectos conjuntos de la guerra pasada, del atraso de la conservación, de la escasez y mala calidad de los materiales, y, sobre todo, de la

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

falta de las necesarias inversiones de nuevo capital. Con esta reconstrucción de la Red, se prevé conseguir varias finalidades. La primera ha de ser la de devolver a la Red la capacidad de tráfico que poseía, en las condiciones de normalidad de antes de la guerra y aún aumentar esta capacidad para hacer frente a posibles aumentos de tráfico. El segundo objetivo que se conseguirá con el Plan, es el de hacer más económica la explotación, al poder desarrollar ésta con un mejor material en medios de transporte y en instalaciones. Aún se conseguirán otras ventajas importantes, como son la de mejorar notablemente la seguridad y la calidad de los servicios.

Mejoras comprendidas en el Plan. Mejoras en la vía, puentes y estaciones.—Se han comprendido en este Plan todas aquellas mejoras y aumentos de primer establecimiento que se han considerado necesarias para conseguir los fines que acabamos de indicar, pero limitándolo, en todo lo posible, con objeto de que no se requieran desembolsos excesivos en plazo reducido. Constituye, por lo tanto, tan sólo una primera fase de lo que podrá ser el Plan completo y más amplio de total reconstrucción de la Red ferroviaria nacional.

En primer lugar, se considera indispensable el dar a la vía la solidez necesaria en todo su conjunto. Para ello se proyecta llevar a cabo un programa de substitución y de refuerzo de puentes metálicos en varias líneas para hacerlas asequibles a las locomotoras modernas de mayor rendimiento y conseguir con ello, además, una mayor fluidez de transporte, al desaparecer la limitación de la carga de los trenes. El importe total de este programa de substitución y de refuerzo de puentes es de 200 millones de pesetas. Se proyecta, asimismo, ampliar varias estaciones, especialmente, siete de clasificación, y construir una nueva estación de clasificación en Alcázar de San Juan; renovar totalmente 955 kilómetros de vía; hacer la reparación completa o revisión integral de otros 300 kilómetros, y llevar a cabo la revisión reducida o reparación que podríamos llamar normal de 5.659 kilómetros. En total, se dejan completamente reparados 6.913 kilómetros, operación que exige 98.500 toneladas de carril, 44.800 toneladas de accesorios, unos 3 millones de traviesas, de cuyo material, 48.500 toneladas de carril, debe proceder de importación. Con este Plan, y disponiendo de los materiales necesarios, se podría rápidamente dejar el conjunto de vía de la Red en las debidas condiciones.

Programa de instalaciones de seguridad y de comunicaciones.—Se incluye la primera etapa de un plan general de instalaciones de seguridad que se tiene proyectado. Comprende dicho programa la implantación de señales luminosas en las líneas que se van a electrificar y en las demás de gran tráfico, en un total de 3.200 Km., con 475 estaciones, la transformación de las señales para su adaptación al nuevo Código unificado en toda la Red, la instalación de alumbrado eléctrico en todas las señales mecánicas de casi todas las líneas. Las estaciones que se proveen de señales luminosas se dotan, además, de comprobación eléctrica de las agujas de punta y de circuitos de vía para el cierre automático de las señales y la vigilancia de la ocupación de sus vías. Se incluye también la instalación de bloqueo eléctrico entre estaciones en los trayectos de vía única con circulación más densa y el mando centralizado del tráfico (C. T. C.) en el trayecto Ponferrada-Brañuelas. Por último, comprende también este programa el establecimiento de nuevas líneas de comunicación telefónica, radiales de Madrid con los centros de Bilbao, León, Barcelona, Valencia y Sevilla, y la instalación de teléfonos selectivos locales para servicio de los puestos de mando. El total del presupuesto de las instalaciones de seguridad y comunicaciones asciende a 199 millones de pesetas.

Adquisiciones y reparaciones de material motor y móvil.—En material de tracción y móvil se prevé la adquisición de 200 locomotoras nuevas, de 5.000 vagones, de 400 coches de viajeros, 50 automotores y 20 locomotoras Diesel eléctricas para maniobras. Se prevé la realización de un plan de reparaciones en 1.890 locomotoras, así como el de cierta cantidad de coches, la reconstrucción de 44.980 vagones, proporción muy importante del parque total de material de mercancías, la instalación de ganchos reforzados de tracción en 57.200 vagones, y la substitución de ejes por otros más resistentes, en número de 56.000.

Mejoras en Talleres y Depósitos.—También es importante la parte del Plan que se refiere a mejoras en Talleres y Depósitos; se proyecta la reforma de los edificios y la instalación de nuevas máquinas-herramientas en seis de los talleres generales y en los siete depósitos de máquinas más importantes. Se proyecta, asimismo, la instalación de un moderno tratamiento de depuración de agua para las máquinas, el establecimiento de diez nuevos talleres de recorrido, la construcción de un nuevo taller de reconstrucción de motores Diesel, en Valladolid, y la de siete depósitos nuevos para automotores, la construcción de un nuevo taller de reparaciones de máquinas eléctricas y de otro nuevo taller de creosotado, además de algunas instalaciones auxiliares, y, por último, y como parte muy importante del Plan, se prevé la electrificación de los 1.100 kms. de líneas que se detallan a continuación:

	Kilómetros
León-Ponferrada, León-Busdongo	181.8
Ujo-Gijón y ramales de Asturias	114
Mora, Reus-San Vicente, Villanueva-Barcelona, Mataró-Empalme.	362,9
San Vicente-Villafranca-Barcelona-Granollers-Empalme y Granollers-Las Franquesas... ...	150
Baeza-Santa Cruz de Mudela	75.7
Bobadilla-Málaga Puerto	71.8
Quintanilla-Santander	115,5
Con un total aproximado de	1.100

Estimación del aumento de capacidad de tráfico que se conseguiría con el Plan.—Veamos qué aumento de capacidad de tráfico podría conseguirse con la realización de este plan. Para ello, y en un cálculo rápido, pero con completo fundamento lógico, supongamos que el plan tenga por resultado el restablecer las velocidades comerciales de los trenes que se realizaban en 1930; es decir, que se consigue el mismo nivel de fluidez de la circulación que en aquella fecha se alcanzó, lo cual aparece, no solamente como una meta enteramente posible, sino que probablemente será fácilmente rebasada. Si, al mismo tiempo, se dispone del mismo material en servicio, y se realiza la misma cantidad de servicio de trenes, suposiciones que también tienen el

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

carácter de condiciones mínimas, y si el aprovechamiento de material es el mismo, evidentemente la capacidad de tráfico habrá crecido en la misma proporción en que hayan aumentado las velocidades comerciales. Como el tráfico realizado en 1949 fué de 7.291 millones de viajeros-kilómetro y de 5.331 millones de toneladas-kilómetro, las velocidades comerciales medias en el mismo año de los trenes de viajeros y mercancías fueron de 35.6 y 12.6 km/h., y las de 1930, 43.5 y 17.4, respectivamente, el aumento de capacidad de tráfico resultante sería de:

$$7.291 \times 0{,}208 = 1.520 \text{ millones de viajeros-Km., y de}$$
$$5.331 \times 0{,}38 = 2.020 \text{ millones de toneladas-Km.}$$

Cálculo del aumento de capacidad de tráfico que se hacía en el mismo Plan.—En la Memoria del Plan General de Reconstrucción se hizo un cálculo mucho más detallado y completo del aumento de capacidad de tráfico que podría conseguirse. En primer lugar, se obtenía el correspondiente al aumento de la velocidad comercial al nivel de 1930 para un servicio de trenes de igual duración en tiempo total. Como antes decíamos, estas hipótesis deben considerarse muy prudentes, e indudablemente la mejora del equipo permitirá superar aquellas marcas de velocidad y este volumen de servicio de trenes.

En el mismo Plan se calculaban también el aumento de capacidad de tráfico que podría obtenerse con las instalaciones de señales y comunicaciones telefónicas, al ahorrar con ellas un cierto número de horas de tren. El aprovechamiento en esas horas de tren del mismo material existente, que se supone circule a las velocidades y con las cargas medias de 1947, dan una ganancia suplementaria en capacidad de tráfico.

Otros extremos del Plan General de Reconstrucción también producirán el efecto de aumentar la capacidad de tráfico, como el frenado de los vagones, que producirá un aumento de la velocidad comercial, como el aumento de disponibilidades de máquinas por mejores reparaciones y por depuración de aguas, y la mayor disponibilidad de vagones y furgones, así como el aumento del parque por las máquinas, coches y automotores de nueva adquisición.

Más importante será el aumento de capacidad de tráfico que se conseguirá en las líneas que se electrifiquen. Figuraban también en la Memoria del Plan, las cifras de horas de tren que la electrificación ahorrará, y con ellas calculaba el aumento de capacidad de tráfico que se podrá alcanzar por este concepto.

A continuación resumimos los resultados del cálculo del aumento de capacidad de tráfico que se podrá obtener, considerando solamente el correspondiente al aumento de la velocidad comercial, al sistema de señales y de comunicaciones telefónicas y a la electrificación, y se prescinde, para mayor seguridad en los resultados, de los correspondientes a los demás extremos apuntados.

Aumento de la capacidad de tráfico que podría obtenerse con varias mejoras del Plan General de Reconstrucción:

Por mejora de la fluidez de la circulación; restableciendo la velocidad comercial de 1930	1.579	millones	T.-Km.
y	1.105	»	V.-Km.
Por la mejora en el sistema de señales y de comunicaciones telefónicas	273	»	T.-Km.
y	327	»	V.-Km.
Por electrificación	106	»	T.-Km.
y	1.470	»	V.-Km.
En total, por todos los conceptos se alcanzan las cifras de	*1.958*	*millones*	*T.-Km.*
y	*2.902*	*millones*	*V.-Km.*

Comprobación de los resultados obtenidos.—En total se llega a unas cifras que, prescindiendo de la electrificación, que tiene tan grandes posibilidades para aumentar la capacidad del tráfico de viajeros en servicios de cercanías, son inferiores a las que hemos hallado en nuestro cálculo, rápido e incompleto, lo que demuestra la prudencia con la que se calcularon aquéllas.

Suficiencia del aumento de capacidad que puede obtenerse.—Se ve, por tanto, que con el Plan General de Reconstrucción podrá conseguirse un aumento de capacidad de tráfico que, en viajeros, puede cubrir por mucho tiempo todas las necesidades previsibles y, en mercancías, corresponde al crecimiento de tráfico con un índice anual medio del 2,5 %, que era el existente en el período de preguerra, por un período de doce años. Son muy suficientes estos resultados, y no sería lógico pensar en hacer previsiones ni de mayor capacidad ni a plazo más largo.

Por lo tanto, el Plan General de Reconstrucción resuelve la cuestión de conseguir la capacidad de tráfico que hemos señalado como primera parte del problema del transporte en la parte que se refiere al servicio ferroviario por las líneas de la Red Nacional.

ASPECTOS ECONÓMICOS Y FINANCIERO. INVERSIONES NECESARIAS. SU RENTABILIDAD

Presupuesto del Plan General de Reconstrucción y Reformas.—A continuación resumimos el presupuesto general del Plan de reconstrucción, así como el Plan de distribución de las inversiones en las distintas partidas y en plazos anuales.

PLAN GENERAL DE RECONSTRUCCIÓN Y REFORMAS

PRESUPUESTO

REFORMAS Y MEJORAS EN LA VÍA E INSTALACIONES

	Pesetas
Refuerzo de puentes	200.000.000
Mejoras en las vías	1.000.000.000
Idem en estaciones de clasificación	55.000.000
Ampliación de estaciones	36.000.000
Alumbrado de estaciones	29.000.000
Idem estaciones clasificación	10.000.000
Nuevo sistema de señales (1.ª etapa)	170.000.000
Mejoras de comunicaciones telefónicas	29.000.000
Total	1.529.000.000

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

REFORMAS Y MEJORAS EN EL MATERIAL MÓVIL Y DE TRACCIÓN

	Pesetas
Arreglo de vagones, coches y locomotoras	350.000.000
Instalación de frenos en vagones	150.000.000
Refuerzos de ganchos en vagones	79.000.000
Substitución de ejes	175.000.000
Alumbrado de trenes	75.000.000
740 vagones americanos	35.000.000
200 locomotoras nuevas (100 del Plan 1945, a construir en España)	400.000.000
5.000 vagones a construir en España	500.000.000
100 coches franceses y material para construir en España 100 más	112.000.000
50 automotores de gas-oil	100.000.000
20 locomotoras Diesel eléctricas para maniobras	40.000.000
Total	2.016.000.000

TALLERES Y DEPÓSITOS

Reparación de talleres (1.ª etapa)	226.000.000
Depósitos y Reservas (1.ª etapa)	269.000.000
Taller eléctrico (1.ª etapa)	50.000.000
Taller de creosotado	5.000.000
Total	550.000.000

INSTALACIONES PARA CARGA DE CARBÓN

Taller de mezcla de carbones	60.000.000
Mejoras en carboneras	10.000.000
Total	70.000.000

ELECTRIFICACIÓN 1.100 KMS. DE LÍNEAS ... 1.000.000.000

R E S U M E N

Vías		1.529.000.000
Material y Tracción		2.016.000.000
Talleres y Depósitos		550.000.000
Instalación para carga de carbón		70.000.000
Electrificación de 1.100 kms. de línea		1.000.000.000
Total		5.165.000.000
A deducir:		
Inversiones ya realizadas	315.000.000	
Saldo efectivo de las emisiones ya acordadas	250.000.000	
		565.000.000
Nuevos créditos que se solicitan		4.600.000.000

INVERSIONES EN MONEDA EXTRANJERA

De estos 4.600.000.000 se invertirán en moneda extranjera:	
En vías (carriles, accesorios y traviesas)	400.000.000
En material de señales	100.000.000
En material de frenado	100.000.000
En automotores Diesel	100.000.000
En locomotoras Diesel (maniobras)	40.000.000
En materiales para la reparación de locomotoras	50.000.000
En materiales para la electrificación	400.000.000
En adquisición de coches franceses y materiales para construir en España	110.000.000
En materiales para talleres de vapor y eléctricos	110.000.000
Total	1.400.000.000

EQUIVALENTES A 130.000.000 DE DÓLARES

(Las pesetas equivalentes están evaluadas a la paridad de 11 pesetas = 1 dólar, que era la oficial en la fecha de redacción del Plan, y han de cambiarse de acuerdo con el tipo de cambio al que efectivamente se hagan las adquisiciones. Ello alterará el importe calculado en pesetas.)

DISTRIBUCIÓN DE LAS INVERSIONES POR AÑO

En 1949	800.000.000
En 1950	800.000.000
En 1951	912.000.000
En 1952	912.000.000
y cada año sucesivo hasta 1970	112.000.000

NECESIDAD DE MEDIDAS QUE ASEGUREN LA BUENA MARCHA ECONÓMICA DE LA EXPLOTACIÓN.—Veamos los efectos que la realización del Plan tendrá en la economía de la Red para resolver el problema que actualmente existe en este terreno. Sabida es la deficiente marcha económica seguida por la explotación en estos últimos años. Las causas ya indicadas más arriba y que no vamos a repetir han conducido a esta situación. Aunque la muy reciente subida de tarifas permita esperar el restablecimiento del equilibrio económico de la explotación, es indudable que conviene tomar las medidas necesarias para mejorar el rendimiento del servicio, única forma en la que se podrá hacer frente a posibles ulteriores subidas de precios y cargas y, sobre todo, única forma en la que se cumplirá con la natural exigencia que se debe imponer a la explotación ferroviaria de que ésta se realice lo más económicamente posible.

MEJORA DEL RENDIMIENTO ECONÓMICO POR EL PLAN GENERAL DE RECONSTRUCCIÓN.—Es indudable que la mejora del rendimiento económico, en parte puede obtenerse con una cuidadosa administración y debida vigilancia de gastos, y, sobre todo, con una política de primas al rendimiento y con medidas de racionalización del servicio. Pero, según se considera en el Plan General de Reconstrucción, es con la realización del programa de mejoras en él comprendidas como más podrá conseguirse esa mejora de rendimiento, y ello, por varias razones, como son las mejores características económicas que en sí reúnen los nuevos medios de transporte o instalaciones previstas, por ejemplo, la electrificación; la supresión de las trabas y dificultades que actualmente opone a la realización de un buen servicio la insuficiencia o defectuosa calidad de los medios empleados, y la elevación de nivel de la moral, que proporcionará a los agentes el disponer de medios adecuados para hacer frente con garantía de buen éxito al servicio que de ellos se exige.

RENTABILIDAD DE LAS INVERSIONES DEL PLAN.—Es decir, que considerando el aspecto financiero del Plan, podemos distinguir en él dos grupos de inversiones: las que se dedican a la restauración del sistema, vías, instalaciones y equipo, y las que tienen por objeto mejoras y perfeccionamiento del equipo y adquisición de nuevo material. Las inversiones del primer grupo, en las que se comprenden las reformas de puentes, vías y estaciones, y las reformas y mejoras en el material tractor y móvil con un importe total de 3.196 millones, podría pensarse que no verificarán economías, pues que con ellas no se dispondrá de un equipo mayor o más perfecto, pero, si se atiende a las razones que

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

más arriba se indican, se comprende que estas inversiones, al restablecer la agilidad y eficiencia normal del sistema, permitirán recuperar el lucro cesante actualmente perdido por la existencia de aquellos factores negativos y permitirá, asimismo, realizar economías en aquellos gastos de explotación que, por las mismas circunstancias, alcanzan cifras superiores a las que les correspondería en una explotación normal. Según los cálculos de la RENFE, en la Memoria del Plan las economías que así podrían conseguirse hacen ciertamente rentables las inversiones de este grupo.

En cuanto a las del segundo, en las que se comprenden las instalaciones de seguridad y comunicaciones, el enfrenamiento, las mejoras de talleres y depósitos y la electrificación, con un importe total de 1.969 millones, no cabe duda de que redundarán directamente en una mejor economía, pues, al racionalizar la explotación, se elevará el rendimiento y se obtendrá una considerable compresión de los gastos.

Carácter de prioridad y urgencia de las inversiones del Plan.—En conjunto, las obras del Plan General de Reconstrucciones no solamente son necesarias para el normal funcionamiento del servicio ferroviario, sino que, en el aspecto financiero, son plenamente rentables, y, como quiera que, según ya hemos dicho, la previa existencia de un adecuado sistema de transportes ferroviarios es condición indispensable para el buen desarrollo de la vida económica de la Nación, la necesidad de hacer estas inversiones, además de quedar enteramente justificadas, tiene carácter de prioridad y urgencia.

FERROCARRILES DE VÍA ESTRECHA

Estimación de las necesidades de los ferrocarriles de vía estrecha en proporción con las de los ferrocarriles de vía ancha.—Como complemento de la exposición que antecede, relativa a la RENFE, es preciso recordar la existencia de muchas líneas férreas de interés regional y local, dotadas de vía estrecha, cuyos tráficos de viajeros y mercancías representan, aproximadamente, del 8 al 13 y del 8 al 9 % de los de naturaleza análoga efectuados por la RENFE. A falta de un estudio detallado, cuyas enseñanzas no guardarían proporción con el esfuerzo que su realización hubiese supuesto, puede admitirse que las necesidades de capital de dicha explotación quedan muy por bajo del resultante de aplicar aquellos mismos porcentajes a los presupuestos de la RENFE, arriba citados. Estimaciones superficiales nos permiten suponer que un 5 % de estos últimos cubriría la satisfacción de aquellas necesidades. Este grado de aproximación basta para definir un problema comprendido teóricamente en las consideraciones ya hechas.

B) EL TRANSPORTE POR CARRETERA.

SITUACIÓN DEL TRANSPORTE POR CARRETERA EN ESPAÑA

Situación del problema de los transportes en España.—Expuesta ya en la parte general de este estudio la situación del problema de los transportes terrestres en España en sus líneas generales, vamos a completar aquella exposición detallando algo más el cuadro en lo que respecta al transporte por carretera. Comenzaremos por resumir la historia de estos transportes desde su aparición en nuestra patria, para terminar en la exposición de su situación actual y de sus necesidades presentes.

Extensión de la red ferroviaria española.—Es sabido, y ya se ha indicado en este estudio, que la red ferroviaria española no alcanzó gran desarrollo en su extensión; se opusieron a ello el elevado coste de construcción consiguiente a la accidentada orografía nacional, la escasa disponibilidad de capitales y, en general, el no muy alto nivel económico del país. Llegó así a formarse una red de vía normal, limitada casi a las grandes arterias que unen Madrid con las regiones periféricas y a muy pocas transversales, y quedaban en el interior de las grandes mallas de esta red extensas regiones. En alguna de ellas, de más densidad de población y más rica, se ha completado el sistema ferroviario con líneas de vía estrecha, pero, en general, la densidad de líneas férreas en el país puede calificarse de pequeña.

Extensión y calidad de la red de carreteras.—En cambio, la red de carreteras y caminos vecinales, construída toda por el Estado y Diputaciones, ha sido mucho más tupida; tanto es así, que, salvo en terrenos muy montañosos o inaccesibles, puede decirse que la inmensa mayoría de los núcleos urbanos tiene hoy día acceso con caminos carreteros; esto, ha permitido alcanzar a los transportes por carretera gran desarrollo en España y alcanzar grande importancia en el conjunto del sistema del transporte al ampliar los medios puestos a disposición de la agricultura y de la industria para la distribución de sus productos y para recibir las materias primas necesarias para sus trabajos o transformación.

Comienzo de la competencia ferrocarril-carretera.—Al principio, mientras el camión y el autobús eran de marcha lenta y poca capacidad de carga, su utilización eran principalmente para transporte de aportación al ferrocarril o de prolongación complementaria de éste, pero, a medida que el perfeccionamiento de la industria automovilista fué mejorando las características técnicas del material y aumentando la capacidad de carga, hasta llegar a alcanzar grandes velocidades y una carga de varias toneladas y que se ha podido aprovechar de mejores calzadas con la utilización de firmes especiales, el campo de aplicación de los camiones se ha extendido considerablemente, pasando de ser un transporte auxiliar al ferrocaril, a ser otro nuevo sistema de transporte de amplia capacidad y grandes posibilidades.

Surge, pues, en España, como en todo el mundo, el problema de la competencia de la carretera con el ferrocarril, que en nuestro país, como en los demás de Europa, comienza a sentirse en los años posteriores a la primera guerra mundial. En aquellos primeros años y por falta de reglamentaciones sobre la materia, gozaba la carretera de un régimen de amplia libertad para escoger itinerarios, carga, tarifas, etc., y podía hacer la explotación de sus vehículos sin más restricción que alguna leve y de naturaleza fiscal.

Primeras medidas de coordinación en servicios de viajeros. En el transporte de viajeros, el sistema de concesiones empleado en la Ley de 1924, coartó mucho esta libertad, encauzándola

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

algo, pero el poco volumen que por entonces tenía aún el transporte por carretera y la coyuntura de prosperidad que entonces atravesaba el transporte ferroviario, hizo que no se previera aún la importancia y enorme desarrollo que podría tener el transporte por carretera, y que nunca pudiese alcanzar un perfeccionamiento como el que tiene hoy, por lo que se planteó la coordinación de ambos sistemas de manera definitiva. Desde entonces, que comenzó a plantearse la competencia en líneas de corto recorrido, las velocidades de los autobuses y camiones han ido creciendo, y sus posibilidades han aumentado, de modo que ya la competencia se extiende a las grandes distancias y a tráficos importantes.

Gravedad y repercusiones del problema.—Esta competencia ha ido repercutiendo de tal forma en las economías ferroviarias, que ha obligado a estudiar a fondo el problema, como ya hemos indicado, y a plantear una legislación coordinadora de los transportes, y ha sido una de las causas determinantes de la nacionalización de los ferrocarriles en muchos de los países europeos, como también hemos explicado.

Situación actual. Reglamentación vigente.—En nuestro país se ha seguido esta trayectoria, que puede calificarse de general, aunque pueda señalarse que, tal vez, no tengamos el problema con caracteres tan notorios como en otras naciones. La legislación vigente sobre la materia la forman una Ley de Transportes por Carretera y otra para Coordinación de los Transportes terrestres, de fecha 28 de diciembre de 1947, cuyos reglamentos de aplicación han aparecido en el *Boletín Oficial del Estado* en 12 de diciembre de 1949, y estas Leyes y Reglamentos tienden, con sus normas y preceptos, a encauzar, dentro de lo posible, las concesiones de transportes por autobuses y camiones, ordenándolos, para evitar competencias y delimitar los campos de acción de los mismos, protegiendo la economía y existencia del ferrocarril, hoy día de propiedad del Estado, y necesario en absoluto e insubstituíble para la economía y defensa nacionales.

Esta es, expuesta sucintamente, la situación en que se encuentran hoy día los transportes por carretera en España y su competencia con el ferrocarril. El transporte por carretera tiene ya, e indudablemente ha de seguir teniendo importancia vital para nuestra economía, y el problema de la coordinación debe resolverse equitativamente, completándose ambos medios, el ferroviario y el de carretera, delimitando sus respectivos campos de acción, según ya hemos explicado en la parte general de este estudio.

NECESIDADES DEL TRANSPORTE POR CARRETERA

Estudio de los transportes actuales por carretera.—Pasemos ahora a estudiar el aspecto económico de los transportes por carretera y a deducir algunas consecuencias sobre las necesidades de material y elementos de explotación para estimar si la capacidad de los transportes por carretera en España atienden al tráfico previsible, y obtener las necesidades de material para la realización de este tráfico.

Hemos de indicar previamente que en ningún momento nos referimos a los transportes privados de las empresas o particulares, con elementos propios, tanto de mercancías como de viajeros, ni tampoco a los coches de turismo, sino solamente a los transportes efectuados por empresas de servicio público.

Datos estadísticos de que se dispone.—Para establecer el cálculo de necesidades del transporte por carretera, vamos a examinar los datos correspondientes a un período normal de la vida española y a los que actualmente se registran. Habrá que tener muy en cuenta, al estudiar estos datos, que, por lo que se refiere a la época anterior a nuestra guerra, el transporte por carretera no había alcanzado la potencialidad que actualmente tiene, gracias al progreso técnico logrado en su material, y, por lo que respecta a la época actual, la falta de normalidad en la situación económica general y las circunstancias que condicionan y limitan la producción y el transporte, circunstancias y situación que se van superando por el eficaz esfuerzo del Gobierno y por el apoyo de la iniciativa privada, pero que influyen muy decisivamente en los datos de años pasados, a los que corresponden las estadísticas de que se puede disponer.

El período anterior a que nos referimos puede ser el de los años 1928/30, o sea, el de los últimos tiempos de la Dictadura del Gobierno del general Primo de Rivera, en los que nuestra Patria alcanzó los mayores índices de producción. Haremos un recuento de los datos más significativos de que disponemos de aquella época, a falta de estadísticas con las que hubiéramos podido hacer estimaciones y comparaciones más exactas.

Los datos de los transportes por carretera de que se dispone son muy incompletos, ya que las estadísticas referentes a este tráfico están basadas en declaraciones de los transportistas, no recogen los datos de todas las empresas, y hay que contar con la existencia de ocultaciones hechas para eludir los impuestos fiscales. Por ello, relacionaremos el tráfico actual por carretera con el citado período 1929/30, buscando la comparación entre los parques de material y el consumo de combustible, datos más conocidos y fidedignos.

Por la imposibilidad de separar los consumos de carburantes por destinos, es también forzoso considerar aquéllos en conjunto, y, para evitar repeticiones al ocuparnos después del transporte de mercancías y ante la desorientación que pudieran producir cifras fragmentarias, consignaremos aquí las correspondientes al parque nacional de vehículos con motor de explosión o de combustión.

Datos de vehículos en circulación.—Según datos recogidos de la Dirección General de Rentas Públicas, el número de vehículos de alta en el pago de la Patente Nacional de Circulación, era el siguiente en los años que a continuación se indican:

Año	Turismos	Alquiler, taxis y autobuses	Clase de vehículos		
			Camiones	Motocicletas	Totales
1928	84.066	24.307	32.229	20.039	151.641
1932	90.522	24.221	38.975	12.299	166.107
1934	100.000	24.722	42.670	12.523	180.182
1941	54.351	22.879	45.423	Incluídas	122.653
1942	56.437	18.997	46.416	en las	121.850
1943	59.157	23.109	49.246	cifras de	131.512
1944	62.354	23.733	52.907	coches de	183.994
1945	65.518	24.418	52.944	turismo.	142.880

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Las cifras correspondientes al último ejercicio consignado de 1945, pueden considerarse confirmadas por la estadística de la Inspección Central de Transportes por Carretera del Ministerio de Obras Públicas, relativa al año 1946, que proporciona los datos siguientes:

Turismos		57.698 coches.
Alquiler:		
Taxis	14.271	
Omnibus	5.259	19.530 vehículos.
Camiones:		
Servicio Público	28.721	
Particulares	21.031	49.752 vehículos.

DATOS DE VEHÍCULOS DE SERVICIO PÚBLICO.—En el cuadro siguiente se contienen los datos obtenidos del número de vehículos de servicio público (autobuses y camiones exclusivamente), que nos da una indicación de cómo se ha ido desarrollando esta industria en el período a que se refiere:

Años	Autobuses del servicio público	Camiones de servicio público
1928	2.453	4.260
1932	3.007	5.737
1933	3.400	6.645
1934	3.428	6.374
1935	4.392	10.003
1936	5.061	10.394
1940	4.974	15.931
1941	4.171	21.631
1942	4.384	28.702
1943	4.824	31.862
1944	4.889	31.588
1945	5.259	28.721

De la consideración exclusiva de las cifras anteriores y refiriéndose por el momento tan sólo al tráfico de viajeros, podría deducirse que el transporte automóvil autónomo ha experimentado importante retraso, pero que el colectivo se mantiene en un nivel semejante al de la anteguerra.

DATOS DE CONSUMOS DE CARBURANTES.—Los datos correspondientes a los consumos efectivos de combustibles líquidos en los veinte años últimos son los que figuran a continuación:

Año	Gasolina-auto	«Gas-oil»
1928	350.805.607 lts.	55.252.792 kgs.
1929	442.396.431 »	70.271.346 »
1930	508.799.479 »	73.468.724 »
1931	517.020.574 »	90.130.142 »
1932	501.238.243 »	97.046.926 »
1933	494.383.347 »	100.618.729 »
1934	526.153.499 »	110.820.726 »
1935	569.466.863 »	125.429.450 »
1940	386.954.405 »	133.098.195 »
1941	268.735.718 »	119.581.160 »
1942	174.125.111 »	55.151.468 »
1943	261.113.494 »	106.914.904 »
1944	186.068.099 »	86.916.539 »
1945	265.443.016 »	111.078.932 »
1946	394.064.673 »	150.793.639 »
1947	549.207.422 »	178.309.833 »

CONSIDERACIONES SOBRE LOS DATOS DE CONSUMO DE CARBURANTES.—Aparece evidente de estas cifras, que el consumo de gasolina ha quedado siempre lejos, después de nuestra guerra civil, del registrado con anterioridad a la misma, y solamente en el año 1947 (últimos datos que poseemos a este respecto) se acerca al máximo de 1935, a pesar de las restricciones del último trimestre de ese año. El «gas-oil» aparece en alza, en relación con el correspondiente a los últimos años de la postguerra, afectado probablemente por el aumento del consumo industrial, consecuencia de las restricciones eléctricas y, aunque no existe una estadística anterior que dé por separado el consumo en las distintas aplicaciones, se sabe que en el año 1945, en el que el combustible estuvo racionado, el consumo de gasolina en camiones fué un 7,1 % del total, y en ómnibus el 3,8 %.

Lo que sí podemos asegurar es que el consumo de «gas-oil» en camiones y ómnibus era muy reducido con anterioridad al año 1930, por ser muy pocos los vehículos de esta clase que existían en España, y cuando ha tomado mayor incremento la fabricación con motor de «gas-oil», ha sido después de la guerra mundial en 1944, con lo que se ha aumentado a la vez en grandes proporciones la importación de estos vehículos en España, y, por ello, el consumo de este combustible.

TRÁFICO REALIZADO POR CARRETERA.—El tráfico de viajeros-kilómetro por carretera en el bienio 1929-30 fué, según estimación recogida en los industriales del ramo, de 6.415 millones, y el promedio en el cuatrienio 1942-45 ha sido de 3.174 millones.

VARIACIONES EXPERIMENTADAS EN EL SERVICIO DE VIAJEROS.—Estas cifras y las del número de autocares de servicio público existentes en España en los años que hemos indicado, que se contienen en cuadros anteriores, nos indican que el aprovechamiento y ocupación de los vehículos era doble en 1928-32 que en estos últimos años, ya que el número de vehículos en circulación era muy inferior. Hay que tener en cuenta que en estos últimos años la vetustez del Parque de Ómnibus y las restricciones de carburantes, falta de gomas, repuestos y recambios, han hecho que la circulación de estos vehículos haya sido mucho menor de la normal, y ello ha producido una contracción del número de kilómetros-coche muy considerable, aparte de que también la falta de estos repuestos haya obligado a tener paralizados un gran número de estos coches.

SUFICIENCIA EN NÚMERO DE VEHÍCULOS PARA EL TRÁFICO ACTUAL DE VIAJEROS. NECESIDAD DE RENOVACIÓN.—Puede deducirse de ello que con la existencia actual en número de vehículos puede atenderse al tráfico necesario que exige la explotación de las líneas regulares de autobuses, pero es necesaria una gradual renovación de este Parque en un 80 % anticuado, lo que obligará a una importación de 4.000 autobuses, pues muy pequeña parte podría ser de fabricación nacional, hoy día muy escasa en proporción a la cifra total de coches que sería preciso renovar.

IMPORTE Y CONDICIONES DEL NUEVO MATERIAL QUE DEBE RENOVAR EL ACTUAL.—Suponiendo, por lo bajo, a los precios actuales, que un autobús, de 40 plazas, pueda valer en el mercado normal unas 400.000 ptas., el valor de la renovación del Parque costaría a la Economía nacional (1.600.000.000) mil seiscientos millones de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

pesetas, a más de los correspondientes repuestos, de los que habría que importar de momento un 10 % de esta cifra, o sea (160.000.000) ciento sesenta millones de pesetas.

Sería conveniente que al importar estos autobuses vinieran carrozados en su mayor parte, pues que la industria carrocera española no está preparada para tan gran volumen de trabajo.

Posibles economías que se conseguirían con material nuevo y moderno.—Es indudable que con los nuevos coches, cuya capacidad media sería de 40 plazas por unidad, se podría conseguir una economía en el transporte, ya que la capacidad media de los vehículos antiguos viene a ser de 30 plazas, y con el mismo recorrido y menor consumo de carburantes se obtendría un 33 % de aumento de capacidad y se reduciría también el elevado coste de conservación y reparación a que obligan los viejos vehículos que hoy se utilizan.

TRANSPORTES DE MERCANCÍAS POR CARRETERA

Tráfico de mercancías realizado por carretera.—Muy difícil o, mejor dicho, casi imposible, dada la falta de datos estadísticos, es el precisar exactamente el volumen de mercancías movido por carretera, dato de obligado conocimiento para precisar la situación de los transportes de esta clase. Una estimación basada en la utilización probable por unidad y en el consumo total atribuíble de carburantes da las siguientes cifras:

1929-30... ...	1.836	millones de toneladas/km.
1942-45... ...	1.350	íd. íd.

Suficiente número de los camiones de que se dispone actualmente.—Estas cifras nos muestran que con un Parque de camiones siete veces mayor, el aprovechamiento de este material de camiones es ahora muy inferior al de 1928-32, y esto es también debido al gran número de camiones que, a pesar de estar dados de alta en la patente nacional, han estado paralizados por las mismas restricciones y carencia de elementos para reparaciones que hemos indicado que sufren los autobuses. Debe insistirse en que la gran desproporción que se refleja en estas cifras de consumo puede en parte provenir del error que probablemente existe en los cálculos del promedio de tráfico en los dos períodos señalados, por falta de datos más exactos que hubieran proporcionado las estadísticas.

Importaciones hechas recientemente.—Es indudable que en estos últimos años la importación de camiones en España ha sido mayor que las de otras clases de vehículos, y de haber sido todas las importaciones de material nuevo, el mejoramiento de nuestro Parque hubiera sido muy superior al que en realidad hemos tenido, por haberse adquirido e importado muchos miles de camiones procedentes de las ventas hechas en diferentes naciones del material de transporte sobrante en la postguerra, y que no tenía utilización apropiada para los fines bélicos para que fué construído.

Claro es que el precio de estas adquisiciones ha sido muy inferior al que hubiéramos pagado de haber sido adquirido nuevo en fábrica.

Una vez que se pueda normalizar la adquisición del carburante por los transportistas y que éstos puedan consumir cuanto necesiten para sus exportaciones, es indudable que el rendimiento del Parque que hoy día existe podría duplicar y aún triplicar el tráfico indicado para 1944-45.

No es necesario, por lo tanto, pensar en aumentar el Parque, pues, por el contrario, ha alcanzado su cifra total una altura evidentemente excesiva. Para que la explotación de los vehículos sea verdaderamente económica es preciso que su aprovechamiento vuelva a ser análogo al del año 1936, y para ello el número de camiones no puede exceder del que entonces se registró.

Conveniencia de la renovación parcial del Parque de camiones. Importe de esta renovación.—Sólo se debe pensar en renovar la parte del Parque que en realidad deba quedar y que actualmente esté formado por coches viejos, que haya que desguazar. Podemos cifrar en unos 8.000 los camiones que en este concepto habría que importar. Al precio medio de 150.000 pesetas, esto supondría 1.200.000.000 de pesetas, más 120.000.000 de piezas de recambio y repuestos.

Con estas renovaciones de material se conseguiría la recuperación del nivel deseable en el transporte automóvil, dentro del marco fijado por las disposiciones oficiales que regulan el transporte por carretera y de la coordinación.

Esta renovación habría de hacerse con una conveniente comprobación de las importaciones que evitase el que gravitasen excesivamente sobre nuestra balanza de pagos o que se hicieran a un ritmo demasiado rápido, y podría ser favorecida por la concesión de facilidades a la industria nacional de construcción del automóvil industrial, manteniendo la política que ya se sigue en este aspecto.

ANEXO NÚM. 2

TRANSPORTES MARÍTIMOS

ASPECTOS GENERALES DEL PROBLEMA

Importancia actual de nuestra Marina Mercante.—En la parte general de este estudio hemos expuesto ya las razones que demuestran la necesidad de la existencia de una Marina Mercante eficiente y proporcionada al comercio nacional. Veamos ahora la situación actual de nuestra Marina Mercante.

Para dar idea de lo que representa el tráfico marítimo en nuestro país se puede decir que durante el cuatrienio 1941 a 1944, ambos inclusive, el número de toneladas-kilómetro transportadas por nuestra Marina Mercante ascendió a la cifra de 190.683.421.359, devengándose por esto 5.654.054.060 pesetas por fletes. Esto da una media anual de 1.413.513.540 pesetas, de las cuales, casi las tres cuartas partes se han producido en divisas que fueron ingresadas en el Instituto Español de Moneda Extranjera.

Tráfico de altura y de cabotaje.—El tráfico de la Marina Mercante puede dividirse en dos grandes grupos: tráfico con el exterior o tráfico de altura y cabotaje nacional, tan importante este último en nuestra Patria por la cantidad tan grande de litoral que poseemos. En lo referente al primer grupo, la base económica de la explotación de la Marina ha de ser la competencia en el mercado internacional.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Para que esto pueda ocurrir es necesario que nuestro servicio sea comparable, en cuanto a eficacia y economía, con el de los demás países. Es preciso, en primer lugar, contar con buenos elementos; es decir: buques eficaces, buen personal y una buena organización, y todo ello comparable económicamente con las demás Marinas.

Efectivo total de la Flota.—La Flota española se componía, en 1.º de enero de 1950, de 1.402 buques, con un total de toneladas 1.200.723 de registro total. De ellos, los buques de la primera y segunda lista, es decir, los de tráfico de altura y cabotaje, son 646, con un tonelaje total de 1.053.000 tons., referidas todas estas cifras a buques de más de 100 tons. de arqueo total. No tomamos en consideración los buques de la tercera y cuarta lista, por referirse a buques pesqueros y de recreo, respectivamente, sin influencia en el transporte marítimo.

Los buques de la primera lista tienen un tonelaje total bruto de 390.000 tons. y son los que, por no estar construídos en España, no pueden dedicarse al cabotaje, y los de la segunda lista, que suman 632.000, son los que pueden hacer el cabotaje, por estar construídos en España, pero gran parte de ellos, por sus características y por diversas circunstancias, se dedican al tráfico internacional y extranacional.

Clasificación de los buques según su edad.—El Cuadro número 1 clasifica los buques de altura, gran cabotaje y cabotaje, según sus años de vida:

CUADRO NÚM. 1

Edad de los buques	N.º de buques	Toneladas
Menores de 5 años...	119	118,793
De 5 a 10 años	37	17,164
De 10 a 15 años	14	28,596
De 15 a 20 años	49	105,340
De 20 a 25 años	26	73,123
De 25 a 30 años	122	304,613
De más de 30 años	268	375,407

En dicho Cuadro puede verse que 390 buques tienen más de 25 años de edad; por lo tanto, se trata de buques que, aparte de que su estado de conservación sea más o menos eficiente, son buques anticuados y probablemente poco económicos para su explotación, lo que obliga a pensar que ha de hacerse su substitución rápidamente, mejorando con ello el rendimiento económico de la Flota.

Transportes marítimos efectuados.—En el Cuadro núm. 2 se consignan los transportes marítimos efectuados en buques de bandera española durante los años 1943 a 1949, en el que puede observarse la curva ascendente de las toneladas transportadas anualmente por la Flota mercante española, así como el buen rendimiento de la misma, que con 1.000.000 de toneladas de registro han movido cada uno de los dos últimos años 11.000.000 de carga. Es muy digno de hacerse observar el gran aumento que puede verse en el cuadro mencionado referente al tráfico extranacional, que ha pasado de 36.000 toneladas en el año 1943, a 813.546 transportadas en 1949; tráfico importantísimo porque supone un considerable ingreso de divisas, por tratarse de fletes logrados entre los puertos extranjeros en competencia con las demás banderas, y al que es muy conveniente atender con los más modernos buques de nuestra flota, precisamente por la competencia en que deben trabajar.

Clasificación del tonelaje transportado en navegación exterior o de cabotaje y en buques nacionales o extranjeros.—En el Cuadro núm. 3 figura el tonelaje total transportado, tanto en cabotaje como en navegación exterior, desglosado éste en la carga y descarga efectuada en bandera española o bandera extranjera.

Pasajeros transportados en varias líneas.—Por último, en el Cuadro núm. 4 figuran los pasajeros transportados en las líneas de tráfico más intenso, como son las de la Península con Canarias, Baleares y Marruecos, desglosado este pasaje en pasaje de 1.ª, 2.ª, 3.ª y cubierta, figurando a efectos comparativos el pasaje transportado en 1949 por avión.

CUADRO NÚM. 2.

TRANSPORTES MARÍTIMOS EFECTUADOS POR BUQUES ESPAÑOLES DURANTE LOS AÑOS 1943 A 1949

	1943 Tns.	1944 Tns.	1945 Tns.	1946 Tns.	1947 Tns.	1948 Tns.	1949 Tns.
1.—Importación de cereales	543.181	568.092	548.634	586.219	391.525	488.709	456.956
2.—Carga general para Ultramar ...	663.259	497.594	543.542	495.143	828.086	517.025	628.015
3.—Importación de fosfatos	64.998	306.561	261.270	119.870	294.440	488.216	357.270
4.—Madera de Guinea...	62.000	60.176	55.084	59.527	62.944	82.915	89.672
5.—Carbón entre puertos españoles...	4.406.851	4.433.010	4.783.003	2.764.222	4.738.135	4.519.955	4.376.791
6.—Fruta de exportación	203.841	125.596	269.152	49.216	15.817.	16.085	61.136
7.—Fruta en cabotaje...	87.723	110.800	18.177	38.702	46.589	30.735	8.856
8.—Cabotaje en líneas regulares ...	1.732.818	1.815.216	1.670.982	1.537.504	1.744.810	1.913.681	1.719.028
9.—Otros tráficos en la Península ...	683.817	622.433	621.436	810.172	831.417	702.608	863.168
10.—Exportación a Ultramar	531.969	242.453	237.159	389.124	390.690	498.303	645.507
11.—Tráfico extranacional...	36.021	255.427	231.193	283.327	171.684	470.012	813.546
12.—Importación de combustible líquido					1.040.949	1.150.390	1.240.610
Totales...	9.015.478	9.037.373	9.239.632	9.133.026	10.558.086	10.818.634	11.260.555

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NÚM. 3

TONELAJE TOTAL TRANSPORTADO EN LOS AÑOS QUE SE INDICAN

	1947 Toneladas	1948 Toneladas	1949 Toneladas
Cabotaje nacional (cargas).	10.015.826	10.178.889	10.307.980
Cabotajes nacional (descargas)	9.626.301	9.436.511	10.563.911
Navegación exterior (cargas con bandera española)	289.381	556.439	644.555
Navegación exterior (cargas con bandera extranjera)...	3.326.394	3.568.062	3.865.232
Navegación exterior (descargas con bandera española)...	1.284.161	2.113.886	1.949.595
Navegación exterior (descargas con bandera extranjera)...	1.279.916	2.072.600	2.920.792

NECESIDADES ACTUALES DE FLOTA DE ALTURA Y DE CABOTAJE.—El tonelaje de la Marina Mercante española en 1.º de enero de 1950, que se dedicaba al tráfico internacional o extranacional, ascendía a 690.955 toneladas. De las estadísticas nacionales se deduce que la participación que la bandera nacional tiene en el transporte internacional con destino a España y de mercancías exportadas de España, es de un 29 % aproximadamente, de lo que puede deducirse que, teniendo como aspiración mínima el hacer con nuestra bandera la mitad del transporte internacional de importación y exportación, la flota de altura española debe transportar, aproximadamente, unos 4.000.000 de toneladas en tráfico internacional, es decir, casi el doble de lo que viene transportando. España necesita, en vez de 690.000 toneladas que posee dedicadas a este tráfico, 1.200.000 para alcanzar el fin antes indicado. Para el servicio de cabotaje dispone España en la actualidad de unas 160.000 toneladas. Teniendo en cuenta el incremento de población, el aumento del nivel de vida y nuestro desarrollo industrial, que cada día requiere mayor transporte, se estima que en unos diez años España debería tener para su servicio de cabotaje, incluyendo, además, las comunicaciones con las provincias insulares y los servicios (hoy pobremente atendidos) de comuunicaciones con nuestras colonias africanas, un tonelaje de orden de las 900.000 toneladas.

Se precisa, pues, una flota de un tonelaje total de unos dos millones de toneladas en un plazo máximo de diez años, plazo que pudiera ser más corto si nuestro resurgimiento económico encuentra coyunturas favorables.

RITMO ANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE BUQUES QUE SE PRECISA ALCANZAR.—Para conseguir y mantener la flota de 2.000.000 de toneladas en el tiempo antes citado, se precisan construir 750.000 toneladas en diez años, pero teniendo en cuenta que nuestra flota actual tiene unas 500.000 toneladas de buques de más de veinticinco años de edad, cuya explotación es antieconómica y que es necesario renovar, deberá contarse con construir durante diez años 1.250.000 toneladas. Si, por último, añadimos a esto un 3 % de tonelaje correspondiente a buques perdidos y desguazados en el año, resulta un ritmo de construcción anual de unas 130.000 toneladas de registro total.

POSIBILIDAD DE CONSTRUCCIÓN EN ESPAÑA DE LOS BUQUES QUE SE PREVÉN.—Estos buques que constituyen las 130.000 toneladas anuales deben construirse en España casi en su totalidad. Es muy difícil que pueda subsistir una Marina sin una industria naval que la alimente. Además, la construcción naval es el índice del adelanto industrial de un país. En esta construcción podemos decir que intervienen, directa o indirectamente, todas las industrias del mismo. Todo ello significa trabajo para gran parte de la población.

Afortunadamente poseemos en España buen número de magníficos astilleros, capaces de laborar en sus talleres de herreros de ribera unas 70.000 toneladas anuales de acero laminado, que corresponde a un tonelaje de arqueo total de unas 130.000 toneladas, por lo cual, si pudieran disponer nuestras factorías de las facilidades y ayudas que más abajo se expresan, no parece que hubiera dificultad en conseguir el ritmo de construcción naval que España necesita.

SUMINISTRO DE ACERO LAMINADO QUE SE PRECISA.—La primera materia más importante en la construcción naval es, desde luego, el acero laminado, y de este material se necesitan incuestionablemente en nuestros astilleros unas 70.000 toneladas anuales para conseguir el ritmo apetecido. Esta cantidad es el doble, aproximadamente, del cupo oficial asignado para esta atención, cupo que, desgraciadamente, nunca se ha llegado a entregar en su totalidad. Sin embargo, si se considera la cuantía en absoluto

CUADRO NÚM. 4

PASAJEROS TRANSPORTADOS EN LOS AÑOS QUE SE INDICAN

LINEAS	BUQUES								AVIÓN 1940
	1948				1949				
	1.ª	2.ª	3.ª y cta.	Totales	1.ª	2.ª	3.ª y cta.	Totales	
SEVILLA-CANARIAS...	3.852	4.319	17.700	25.871	3.254	4.344	17.900	25.498	9.662
BARCELONA-PALMA...	19.673	23.217	43.706	86.696	21.230	22.993	81.882	126.105	45.562
ALGECIRAS-CEUTA	19.065	15.642	99.885	134.592	20.996	16.664	75.913	113.573	99.885
TOTALES	42.590	43.178	161.291	247.159	45.480	44.001	175.695	265.179	155.109

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

de este suministro, se llega a la conclusión evidente de que puede (y hasta fácilmente) ser suministrado por la industria siderúrgica nacional. Nuestras instalaciones siderúrgicas han llegado a producir durante algunos años más de 1.000.000 de toneladas de acero laminado, por lo cual las 70.000 toneladas solamente representan un 7 %. Cualquier país europeo suministra a su construcción naval un tanto por ciento más elevado. En último caso, y si no pudiera conseguirse todo el acero necesario en la industria nacional, siempre es aconsejable la importación de esta primera materia, operación para la cual cada día se presentan en Europa coyunturas más favorables.

Necesidad de importar algunos elementos e instalaciones especiales.—Sería también necesario autorizar la importación de algunos elementos e instalaciones especiales. Nuestros buques tienen que competir con los más modernos extranjeros, y en éstos se montan cada día instalaciones más complicadas y modernas, que no pueden adquirirse en el país, por constituir especialidades con mercado restringido o novedades muy recientes. En todas las Marinas del mundo se montan instalaciones de este tipo adquiridas en otros países. Desde luego, el valor de estas importaciones representa un tanto por ciento pequeñísimo del total del buque y, en divisas, puede ser pagado con una parte pequeña del flete de un solo viaje al extranjero.

Financiación del Plan de Construcción Naval y ayuda por el Estado a la navegación.—La financiación de este Plan de construcciones navales para la ampliación de nuestra flota mercante ha de ser, forzosamente, ayudada por el Estado, norma corriente en todos los países marítimos, y, en el nuestro, por la Legislación tradicional de Primas a la Construcción y Primas a la Navegación, y por la existente (ya con diez años de vigencia) de Crédito Naval. El transporte marítimo se diferencia de cualquier otro tráfico terrestre en que los fletes se cotizan en mercado libre internacional, y no pueden ser alterados como compensación al incremento de gastos en la construcción del material de transportes y explotación de las líneas. Por esta razón es absolutamente necesaria la ayuda estatal para compensar los mayores aumentos de precios de materiales y jornales, e impedir que los costes de los buques exijan tales gastos de amortizaciones y seguros que hagan imposible la competencia internacional.

Aplicación de la Ley de Crédito Naval.—Por lo que al Crédito Naval se refiere, y para tener idea de lo que esta financiación puede suponer, sobre la base de que se llegue a construir 130.000 toneladas anuales, el valor aproximado de todos los buques construídos en un año alcanzaría una cifra del orden de los 2.000.000.000 de pesetas. De esta cifra, en virtud de la Ley del Crédito Naval, debería ser prestado por el ahorro nacional un 60 ó un 80 %, con garantía hipotecaria de los buques y con una amortización en veinte años. Es muy interesante hacer observar que esta financiación no lleva consigo para el Estado más que la pequeña parte de interés que, según la referida Ley, corresponde pagar al mismo.

Necesidad de revisión de las primas a la Construcción Naval y a la navegación.—En relación con las primas a la Construcción Naval, debe tenerse en cuenta que el actual Reglamento fué redactado en el año 1941, y que desde esa fecha los costes de la construcción naval han aumentado hasta el 350 %, aproximadamente, del valor inicial. Por lo tanto, las Primas deberán estar afectadas por igual coeficiente. Ya en el citado Reglamento se instituye que cada tres años la cantidad de la Prima deberá ser revisada para adaptarse a la coyuntura económica del momento. Pero, desde la promulgación de dicha legislación todavía no ha sido revisada.

En relación con las Primas a la Navegación, que hace relativamente poco tiempo han sido establecidas, se entiende que deberán ser revisadas igualmente, por análoga razón.

Reserva del cabotaje a los buques de construcción nacional.—En relación con el cabotaje, existe tradicionalmente en España una disposición legal por medio de la cual se reserva este tráfico a los buques de construcción española. En alguna ocasión se ha hecho el cabotaje con buques de construcción y aún de banderas extranjeras. Convendría que se continuara reservando este tráfico a los buques de construcción nacional.

Acción directa del Estado supliendo a la iniciativa privada.—En la modernización y ampliación de nuestra Flota mercante puede resultar necesario que la acción directa del Estado supla a la iniciativa privada, por medio de una Empresa Nacional, en atención a las circunstancias especiales económicas, y a la dificultad de la financiación privada.

Reversión a la economía nacional de la mayor parte del dinero invertido en el aumento y modernización de la Flota.—Es interesante hacer resaltar que, si bien el precio de construcción de un buque de tipo medio es actualmente elevado, la casi totalidad de su importe se consume en el país, distribuído entre salarios, dando trabajo a las innumerables industrias auxiliares de la construcción naval, y que solamente sería necesaria una cantidad muy pequeña en divisas para esta modernización de la Flota, ya que únicamente sería imprescindible adquirir en el extranjero algunas instalaciones especiales, que no llegarían al 10 % del valor de los buques, y, en todo caso, sería muy inferior a la cifra de divisas que produce la propia Flota.

Rendimiento económico en moneda nacional y en divisas extranjeras que se obtendría con la Flota que se prevé.—Debe tenerse en cuenta que las 130.000 toneladas anuales de incremento a que antes se aludió, producirán un sobordo anual de unos 420.000.000 de pesetas, con la gran ventaja que supone para la Economía Nacional el mover esa cantidad de dinero entre tantas actividades como se ven afectadas por la industria naval y el tráfico marítimo, y que dedicando con buen éxito una pequeña parte de la Flota al tráfico extranacional, contando solamente con 100.000 toneladas de Registro que se dedicasen a este tráfico, producirían al año unos 13.000.000 de dólares, punto muy importante que tener en cuenta para la buena marcha de nuestra balanza comercial.

También es interesante hacer notar que, al tratarse de buques de construcción nacional en su casi totalidad, y que los gastos de reparaciones, entretenimiento, tripulaciones y gran parte de combustible, son pagaderos en moneda nacional, cuanta más

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

participación tenga nuestra Flota en el volumen de nuestras importaciones y exportaciones, tanto más beneficiada saldrá nuestra balanza comercial, por la cantidad de divisas que la Flota produzca o ahorre.

TRÁFICO DEL CABOTAJE NACIONAL

IMPORTANCIA DEL TRÁFICO DE CABOTAJE.—La configuración geográfica de nuestra patria con tan extenso litoral, la concentración de las principales industrias y de las más importantes poblaciones en la costa, justifican plenamente la gran importancia de sus comunicaciones directas por medio del tráfico marítimo de cabotaje por un camino que no es necesario establecer ni conservar.

El número medio de toneladas movidas en este tráfico es del orden de siete millones de toneladas anuales, que, en toneladas-kilómetros, alcanza la cifra de unos 7.000 millones. Por su propia naturaleza, el tráfico marítimo es el medio más barato de transporte, lo que justifica aún más su empleo, pero actualmente los impuestos, gastos y trabas, han conseguido modificar sus peculiar fisonomía de baratura.

SERVICIOS QUE REALIZA LA NAVEGACIÓN DE CABOTAJE.—La Flota actual de cabotaje cumple varios servicios importantes para la Nación; los más importantes, los de línea regular, el transporte de carbón, sal, cementos, maderas, mineral, etc.

Hay que destacar de las pequeñas unidades que pueden entrar en las rías y pequeños puertos de marea, que prácticamente no tienen otro medio de comunicación, dadas las enormes masas que hay que mover, como ocurre en la distribución del carbón, sal, mineral, etc.

PROTECCIÓN AL CABOTAJE.—Siempre ha sido preocupación de nuestro Estado el velar por la navegación de cabotaje, comprendiendo la enorme importancia que representa para la Nación. Este desvelo se trodujo en disposiciones que, además de la protección a la Construcción Naval, tenían por objeto el que la explotación de los buques fuera natural y no artificiosa.

CARACTERÍSTICAS DE ESTE TRÁFICO.—El comerciante trata de emplear el medio de transporte más adecuado a sus intereses, considerando las características del mismo: rapidez, seguridad y economía. El transporte marítimo, tradicionalmente, era lento, barato y más inseguro que el terrestre. Actualmente es más rápido, más caro y más seguro que antes.

MAYOR RAPIDEZ EN EL TRANSPORTE MARÍTIMO QUE ANTES.—La rapidez aumentó por la mayor velocidad de los buques, pero no en la debida proporción, por las demoras de las operaciones portuarias. Estas demoras son debidas a razones de índole técnica, y, especialmente, a razones de tipo burocrático. Las primeras se mejorarían equipando debidamente los puertos y aumentando el rendimiento de obra. Las segundas, o sea, las de tipo burocrático, suprimiendo las tramitaciones innecesarias y simplificando las que lo sean.

MEJOR RENDIMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE LA MANO DE OBRA.—El rendimiento de la mano de obra aumentaría, indudablemente, mediante el estímulo del obrero y organizando debidamente el trabajo. Una y otra cosa tienen como base el poder escoger el personal obrero entre los obreros portuarios, bien por medio de collas fijas o simplemente eligiendo los más convenientes y revisando ciertas disposiciones de trabajo. Por tanto, no debe darse el caso, como ocurre actualmente, de que el empleo de las grúas en el puerto no está limitado por su potencia, sino por reglamentación laboral.

El poder elegir el personal obrero lleva consigo el organizar mejor el trabajo, y ambas cosas traerían consigo una mejora de rendimiento, y, por lo tanto, más rapidez en las operaciones portuarias, menor demora y mayor economía.

MAYOR CARESTÍA DEL TRANSPORTE MARÍTIMO QUE ANTES.—La mayor carestía actual del transporte marítimo, propiamente dicho, es más artificial que natural. El flete, que es realmente lo que percibe el armador del buque (y de él, generalmente, ha de pagar las operaciones de estiba y desestiba), es un tanto por ciento pequeño, si se le compara con el conjunto de los demás sumandos que integran el transporte por mar.

CARESTÍA DEL SEGURO MARÍTIMO. NECESIDAD DE ÉL.—Uno de los renglones que cargan la mercancía más aún que el flete es el seguro marítimo. Es natural que, para las causas de fuerza mayor, independientes de la voluntad del hombre, el seguro marítimo debiera ser superior al terrestre, porque los riesgos parece que debieran ser mayores, aunque, por estadísticas, se ve que no hay mayor riesgo por vía marítima que por otras vías. A pesar de ser mayor el seguro, sería soportado perfectamente por el transporte marítimo, si no viniera extraordinariamente recargado con otros riesgos que no son específicamente los que corresponden a esta clase de transportes.

ORIGEN DE LOS RIESGOS QUE CUBRE EL REPESO. NECESIDAD DE HACER RESPONSABLE AL TRANSPORTISTA.—Estos riesgos se producen de dos maneras: por mal trato de la mercancía y por robos. Evidentemente, tanto uno como otro son originados por la impunidad y falta de vigilancia de la manipulación de la mercancía.

Se hace necesario hacer responsable al transportista.

Paralelamente a esta exigencia del armador, hay que darle la máxima autoridad en su función, es decir, es necesario no imponerle los diferentes elementos que intervienen en el transporte marítimo; quiérese decir, que puede escoger al personal de los trabajos portuarios, y establecer, tanto en tierra como a bordo, la debida vigilancia. Con ello, se conseguiría:

a) Mejor trato de la mercancía.

b) Desaparición del robo.

c) Rebaja de las primas del seguro, las cuales se limitarían a cubrir los casos fortuitos. Repetimos que el seguro en la actualidad, en muchas mercancías, es superior al flete.

Se completaría dicha medida con la intervención y apoyo de las autoridades en los casos que hubiera que sancionar.

GASTOS DE PUERTO.—Estos son tan considerables, que en muchos casos superan al flete. Sería necesario, por tanto, hacer una revisión de los mismos, a fin de rebajarlos razonablemente.

INTERVENCIÓN DE LAS ADUANAS EN LOS PUERTOS.—Considerando los puertos como fronteras marítimas, se hace necesaria la inter-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

vención de la Aduana, desde el punto de vista de inspección y de estadística, o sea, que, a diferencia con el transporte terrestre, y en analogía con el aéreo, es necesaria la intervención de la Aduana. Sin embargo, su intervención debe ser simplificada por todos conceptos, sobre todo, para equipararlo a los transportes terrestres.

Actuación de los agentes de Aduanas colegiados.—Actualmente, los trámites en las Aduanas los hacen los agentes de Aduanas colegiados. Debe de ser establecida una diferencia entre las mercancías del comercio exterior y las que circulan en régimen de cabotaje. En estas últimas, los trámites cerca de la Aduana deben de poder ser efectuados libremente por el consignatario del buque (representante del armador), como se hacía hasta hace pocos años. Con la intervención de los agentes de las Aduanas colegiados, se ha creado un problema artificial, pues se establece una barrera entre el cargador y el armador del buque.

Es decir, que, por el mecanismo burocrático citado, en vez de permitir la libre contratación entre cargador y armador, especialmente para la carga general, la mercancía acude a dichos agentes, que son los que, en definitiva, contratan el buque.

Constituyen, pues, un intermediario innecesario en el cabotaje que, al aumentar los trámites burocráticos, disminuye la rapidez de las operaciones y aumenta su costo.

La manera de resolverlo sería que, el consignatario del buque (representante del armador), pudiese presentar en la Aduana la factura de Aduana, como se ha venido haciendo hace pocos años.

Además, en la navegación de cabotaje intervienen otros Organismos, tales como Sanidad, S. O. S. I. V. R. E., etc., cuya intervención debiera ser simplificada.

Timbre sobre el flete.—La Hacienda grava los conocimientos con el 1 % sobre el flete. Ultimamente, ha dispuesto que ese 1 % será sobre el total del conocimiento, pero, como en éste acostumbran a incluirse los impuestos de Aduanas, Juntas de Obras, Embarque y reembolso de las operaciones de tránsito, resulta la anomalía de gravar estos gastos (muchos de ellos son impuestos), con dicho 1 %. Los reembolsos alcanzan cantidades importantes, y, para cobrarlas, el transitario del consignatario del buque da un recibo reintegrado.

Con todo ello, resulta que se cobran impuestos sobre impuestos, lo que no necesita comentario.

Resumen.—El transporte marítimo debe de estar basado en su *simple desarrollo natural*, de modo que tenga el armador la *máxima libertad*, así *como responsabilidad*, en su función, con lo que se produciría la *competencia*, que, además de hacer bajar los precios del transporte, eliminaría automáticamente los inadecuados.

Se entiende por función del armador, no sólo el *trato directo* con el cargador (el que dispone de la mercancía), sino también la organización de su empresa, *eligiendo* y disponiendo los elementos estrictamente *necesarios* para su mejor desarrollo (sin imponerle ninguno ni en cantidad ni en calidad).

COORDINACIÓN

Tráfico de cabotaje y tráfico ferroviario.—Parece indispensable coordinar el tráfico marítimo de cabotaje con el transporte terrestre, pues es necesario evitar, por un lado, competencias inútiles y hasta perjudiciales y, por otro lado, posibles faltas en uno de los medios de transporte, por no disponer de suficiente material móvil. Así, por ejemplo, parece natural que, cuando pueda usarse el transporte marítimo entre dos puertos nacionales, tienda a desviarse la corriente del tráfico hacia esta vía de comunicación, ahorrando el material rodante de los transportes terrestres, para aquellas comunicaciones interiores innacesibles al buque. Desgraciadamente, en ambos métodos de transporte, el material es insuficiente en nuestro país, y ello aconseja concentrar el material rodante en las líneas que no pueden ser servidas por buques.

En el transporte de puerto a puerto, ya se encuentra la conveniente competencia entre los distintos armadores, por lo cual no se puede conseguir un mejoramiento de servicio por la competencia del transporte terrestre.

Por otra parte, nuestras necesidades de transportes periféricos, se refieren, principalmente, a transportes de muchas toneladas de materias imperecederas y no urgentes, que encajan perfectamente en las características en el transportes de cabotaje.

Importancia del tráfico internacional de pasajeros.—Las estadísticas del tráfico de pasajeros ponen en evidencia la creciente atracción de pasaje extranjero hacia España, así como una afluencia siempre creciente de españoles que emigran hacia países de habla española, manteniendo así una corriente de emigración que siempre ha sido tradicional en nuestro país, y que en todos tiempos ha representado una fuente de ingresos muy crecida en la economía nacional. Con relación a la corriente de turismo que se viene manifestando hacia España, no es sólo importante el flete que paga este pasaje, sino el gasto que por diversos conceptos hace en nuestro país y que es, por tanto, una fuente de entrada de divisas muy considerable.

Necesidad de que la flota de altura nacional pueda competir con la de bandera extranjera en este tráfico.—El poder transportar este pasaje en buques de bandera española es un factor de primordial interés, pero es indispensable para ello que los buques que se dediquen a este servicio puedan competir en igualdad de comodidades con los análogos de bandera extranjera; o sea, que es necesario que el nivel de vida y comodidades que se ofrezcan al turismo extranjero en nuestros buques mantenga cierta relación de equivalencia con el tenor de vida medio en sus respectivos países, de los extranjeros que nos visitan.

El establecimiento de estas líneas ha sido siempre tradicional en nuestro país, y a lo que se aspira es a mantener esta línea de continuidad, pero colocada a la altura de las exigencias modernas e internacionales.

Transporte marítimo y transporte aéreo.—No debe olvidarse que puede existir una posible competencia de las líneas aéreas a esta corriente de tráfico marítimo de emigración y de turismo, pero es evidente que estos dos medios de transporte, el ma-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

rítimo y el aéreo, pueden coexistir, y tan sólo se precisa un estudio de coordinación entre ambos.

Y ante el creciente desarrollo de la aviación, no sólo trasoceánica, sino entre España y otras naciones europeas, y España y sus provincias insulares, colonias y plazas de soberanía, también se precisa un estudio de la coordinación y enlace entre estos medios de transporte, coordinación que puede ser llevada a cabo con toda facilidad y eficacia, y que es muy necesaria para la economía del país, puesto que en muchos casos el Gobierno subvenciona o interviene en la explotación.

Necesidad del organismo ejecutivo interministerial de coordinación.—Puesto que esta coordinación es fundamental para que todas las líneas que atienden el servicio de pasajeros en los tráficos nacionales e internacionales sea eficiente y provechosa, parece necesaria la creación u organización de un organismo ejecutivo, que con absoluto criterio de imparcialidad y teniendo en cuenta los intereses comunes de todos estos servicios, reglamente en beneficio de la economía nacional todo este conjunto de tráfico.

LOS PUERTOS

Facilidades de materiales que precisan los puertos.—El puerto es el enlace entre el tráfico marítimo y el terrestre, sobre todo, en su faceta ferroviaria. Tanto la construcción naval como la ferroviaria, son atendidos preferentemente en cuanto a suministro de materiales. El buque es un elemento de construcción rápida y vida breve, y se presta por ello admirablemente a asimilar los acelerados progresos de la técnica, ya que se puede admitir que cada treinta años hay una renovación total de flota.

El puerto es de construcción lenta y vida larga, y por ello hay que extremar la concesión de facilidades de sus medios de construcción, para que no resulte que, antes de nacer, carezca de la eficacia que exigen los buques que ya están navegando.

Disminución en el coeficiente de aprovechamiento de la flota por pérdida de rendimiento en los puertos.— Hace veinte años los buques de un conjunto de cinco compañías de navegación inglesas navegaban un promedio de 207 días al año, estaban en puerto en faenas de tráfico 112 días, y perdían unos 42 días al año por averías, arribadas y reparaciones. Hoy esas cifras son, respectivamente, 158, 132 y 75, es decir, que los puertos han perdido rendimiento. Es este un problema muy complejo, debido, en primer término, al desplazamiento del personal de los puertos en busca de colocaciones más productivas, más estables y menos agotadoras, y a la baja de rendimiento del personal que permanece en ellos.

Medidas precisas para mejorar el rendimiento de los puertos.—Aparte de las soluciones que pudieran planearse para aumentar la concurrencia de trabajadores a los puertos y mejorar su rendimiento, como mejoras de jornales, establecimiento de economatos, primas de asistencia, etc., es fundamental el mejorar urgentemente el equipo o armamento de los puertos para que la máquina substituya al personal que falta y para que se aumente la proporción de trabajadores, mecánicos y maquinistas de más categoría social, con más jornal, y, por lo tanto, más defensa en la vida y más sentido de responsabilidad en el trabajo.

Régimen estatal de los puertos españoles.—Los puertos españoles son construídos directamente por el Estado, que no obtiene de los caudales invertidos beneficio directo alguno, ni siquiera ninguna cantidad en concepto de amortización e interés legal de los mismos, en oposición a los puertos de la mayor parte del mundo, construídos y explotados en régimen de empresa. Por ello son, de modo evidente como conocen sobradamente los armadores, extraordinariamente más económicos que aquéllos. El puerto no puede explotarse en régimen de obra pública pura, como se hace con el faro, por ejemplo, que alumbra para todos, nacionales y extranjeros, amigos y enemigos, con bonanza y temporal, sin exigir a nadie el pago de su servicio, porque ello daría lugar, sin género alguno de duda, al abuso de los elementos de explotación. Esta debe ser tarifada de modo que se sostenga a sí misma y produzca las reservas elementales y necesarias para eventualidades, y entre ellas, la de una posible falta de apoyo económico del Estado, como ocurrió durante nuestra guerra de Liberación. El buque es el más interesado en que la explotación del puerto sea eficiente, y en evitar los abusos que un indebido uso de los elementos de explotación del puerto pueden producir en perjuicio de la navegación en general.

Conveniencia de la unidad de explotación en los puertos.—El puerto moderno es una unidad de explotación, y si no se concibe de este modo su trabajo —que es como se hace en todos los puertos ingleses y americanos—, pierde rápidamente su rendimiento global, que es el que interesa al país. Es inaceptable la explotación anárquica que aún se conserva en la mayoría de los puertos españoles, en los que cada buque hace lo que quiere y puede, atendiendo a sus necesidades de momento y no a las del puerto en su conjunto, con su carácter de herramienta de uso público nacional.

Debe buscarse la mayor economía en los gastos portuarios.—Es extraordinariamente interesante el abaratar las operaciones portuarias. La explotación del puerto por los particulares, como hoy se hace en muchos puertos españoles, sin la debida intervención, da origen a percepciones abusivas que perjudican notablemente a los intereses del buque y del puerto. Debe evitarse en un puerto moderno —verdadera fábrica de movimiento de mercancías— que haya ninguna intervención que no esté dirigida por la Dirección del puerto (el Harbour Master, de los anglosajones). Es preciso que se revisen las tarifas de carga y descarga, estiba y desestiba, etc., incluídas las de carácter específicamente aduanero, sometiéndolas a la intervención de la Administración y dando a ésta facultades punitivas en caso necesario.

En particular, el ejercicio de las funciones eminentemente portuarias del consignatario de buques y de los agentes transitarios portuarios deben ser rigurosamente reglamentadas bajo la disciplina de la autoridad del puerto.

Conveniencia de responsabilizar lo mismo a los buques que a los puertos con respecto a la custodia de las mercancías mientras están dentro de su jurisdicción.—Los buques están am-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

parados en el ejercicio de su función por una serie de cláusulas de exoneración de su responsabilidad, como transportistas, que hace que pierda interés para ellos la defensa de las mercancías, que por ello debe ser siempre asegurada, lo que añade un nuevo gasto al transporte marítimo. En la navegación de gran cabotaje y de altura, España se ha adherido a la modificación de carácter internacional de las cláusulas de conocimiento de embarque, que limitan las exoneraciones de responsabilidad del porteador marítimo.

Entendemos de verdadera necesidad el que este criterio se aplique también a la navegación de cabotaje.

En la mayoría de los puertos españoles, las Juntas de Obras no admiten responsabilidad sobre las mercancías, en ningún caso de incendio, robo, merma, avería, etc., y por ello se ven obligadas a admitir la existencia de guarderías particulares dentro del puerto, lo cual se presta a abusos, recarga el costo de las operaciones portuarias y deja en mal lugar el crédito y la autoridad de la Administración.

Es necesario que los puertos admitan la responsabilidad sobre la mercancía depositada en sus muelles y almacenes, estableciendo los indispensables cierres del puerto, la guardería propia precisa para esa garantía o la suscripción de las pólizas de seguros que sean convenientes.

Abril 1950.

Concedida la palabra al Sr. Botín, como representante de la Ponencia, da explicaciones previas a las conclusiones presentadas, haciendo para ello exposición detallada de los antecedentes económicos y técnicos que vienen influyendo en el desenvolvimiento de cada uno de los sistemas de transportes terrestres y marítimos, y no tiene en cuenta los aéreos por estimar que en el terreno de la coordinación con los demás sistemas basta por el momento, con vigilancia severa, para que sea efectiva, que permita, llegado el caso, enfocar el problema debidamente.

Abierta discusión. ésta se desarrolla en la forma siguiente:

1.ª Conclusión.--*Es aprobada por unanimidad.*

2.ª Conclusión.--*El Sr. López Molero pide aclaración sobre lo que debe entenderse por* pie de igualdad. *El Sr. Suárez Sinova la solicita en el mismo sentido, y considera conveniente que se tuvieran en cuenta las cargas que suponen el impuesto de carburante y otros que gravan al transporte por carretera.*

El Sr. Botín propone que, para discutir estas conclusiones, se espere a considerar las siguientes, en las que puede haber alguna aclaración a la observación hecha. Se aprueba el aplazamiento.

Al final de la sesión, se vuelve sobre el asunto, y se acuerda quede aprobada la Conclusión 2.ª

3.ª Conclusión.—*El Sr. Barceló preguntó a qué se refiere la expresión de "otros poderosos factores ajenos a lo puramente económico". Contesta el Sr. Botín que, entre otras consideraciones, se refiere a las de carácter estratégico.*

Con esta aclaración queda aprobada la conclusión.

5.ª Conclusión.—*Es aprobada por unanimidad.*

6.ª Conclusión.—*El Sr. López Molero echa de menos en su redacción el caso de los ferrocarriles de vía estrecha, que debieran también ser dotados de los medios necesarios para su desenvolvimiento.*

El Sr. Botín le contesta recordando lo dicho por él en el preámbulo de las Conclusiones, acerca de la dificultad de concretar una solución única para problema tan variado como es el que presenta la diversidad de compañías existentes. No obstante, está de acuerdo con la necesidad apuntada. Y se acuerda añadir un párrafo redactado por el Sr. López Molero, recogido en la Conclusión aprobada en la forma que al final se indica.

Los Sres. Barceló y Fesser hacen la observación de que es aventurado afirmar, tan rotundamente como lo hace la Conclusión, que con el plan general de reconstrucción de la "RENFE", aprobado por el Gobierno, quedan atendidas las actuales necesidades de nuestra red ferroviaria de ancho normal. El Sr Escario es de la misma opinión, y cree que, además de las actuales, deben quedar también atendidas las necesidades para un aumento de tráfico previsible en el plazo de quince años a que se refiere el estudio correspondiente.

En consecuencia, la Conclusión queda aprobada, y se redacta como al final se dirá.

7.ª Conclusión.—*El Sr. Escario pide su supresión, por no considerarla necesaria después de lo que se indica en las primeras Conclusiones.*

El Sr. Suárez Sinova estima que el carácter de servicio público nacional no debe darse solamente al ferrocarril, sino también a la carretera.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

El Sr. Botín explica que la redacción dada al final de esta Conclusión no excluye el que tal concepto deba ser extendido a la carretera. Solamente se ha querido resaltar la importancia de las obligaciones que, en casos de excepción, pesan sobre el ferrocarril, ya que, en tales momentos, surgiría la realización del transporte que no puede realizar la carretera, no por deficiencias inherentes a sus condiciones técnicas, sino debido a tales circunstancias excepcionales.

El Sr. Alfaro, volviendo sobre la opinión del Sr. Escario, manifiesta que la primera Conclusión se refiere a la totalidad de los transportes, y que, por lo tanto, debe conservarse la 7.ª, que trata exclusivamente del ferrocarril y de la carretera.

Se acueda nombrar una Subcomisión formada por los Sres. Suárez Sinova, Escario y Nogués Caíz, para que redacten definitivamente esta Conclusión.

8.ª Conclusión.—*El Sr. Escario cree que en esta Conclusión, además de tratar de los vehículos, se debería hacer alguna referencia a la carretera, tal como se contiene en las Conclusiones por él presentadas en la Mesa 2.ª (Trabajo núm. 243).*

El Sr. Bugarolas estima debe declararse expresamente la necesidad de mejorar la carretera.

El Sr. Botín propone que al final de estas Conclusiones y como anexo, se adjunten las aprobadas en relación con el citado trabajo del Sr. Escario, lo que se aprueba.

La Conclusión queda redactada como al final se indica.

9.ª Conclusión.—*El Sr. Bugarolas hace referencia a la necesidad de que, en la renovación del Parque, se tenga en cuenta que los camiones que se adquieran, no tengan pesos superiores a los que la carretera puede soportar.*

Los Sres. Suárez Sinova y López Molero opinan que debería favorecerse, en lugar de poner trabas, la importación de vehículos de servicio público.

Discutidas las anteriores observaciones, se acuerda aprobar la Conclusión 9.ª, suprimiendo la última parte de su redacción.

10.ª Conclusión.—*Queda aprobada.*

11.ª Conclusión.—*Idem íd.*

12.ª Conclusión.—*El Sr. Espárrago señala el inconveniente que pudiera haber para el tráfico marítimo de viajeros en hablar de competencia con los buques de otras banderas, y el señor Alfaro le aclaró que la Conclusión se refiere únicamente a la carga, que es lo que se tiene en cuenta en los Tratados comerciales.*

13.ª Conclusión.—*Por tener que ausentarse el Sr. Botín, pasa a defender la Ponencia el señor Alfaro.*

Queda aprobada la Conclusión 13.ª

14.ª Conclusión.—*Después de una discusión, en la que intervienen los Sres. Espárrago, Suárez, Antón y Ayuso, se acuerda, según propone el Sr. Fesser, añadir al final del primer párrafo "Derivados del Contrato del Transporte".*

Respecto al segundo párrafo, intervienen los Sres. Suárez Sinova y Antón, pidiendo se aclare el concepto de "Gastos de Puerto", por considerar que deben separarse las tarifas vigentes para la Administración del Puerto, propiamente dicha, para evitar queden englobadas con las que se refieren a las demás operaciones del puerto.

Por tales razones, el Sr Martín de Vidales redacta este segundo párrafo en la forma que se indica posteriormente.

15.ª Conclusión —*Queda aprobada.*

16.ª Conclusión.—*Idem íd.*

17.ª Conclusión.—*Idem íd.*

Quedaron, pues, aprobadas por la reunión para el Pleno las siguientes Conclusiones de la Ponencia números 1 *a* 5, 10 *a* 13 *y* 15 *a* 17, *todas éstas ambas inclusive. Se dió a las restantes la redacción siguiente:*

6.ª *Las necesidades más perentorias de nuestra red ferroviaria de ancho normal, tanto en capacidad de tráfico como en los demás aspectos, y, especialmente, en el del rendimiento económico, se estima podrán quedar bien atendidas con la realización del Plan General de Reconstrucción y Reposiciones de la "RENFE", aprobado por el Gobierno y actualmenute en realización.*

7.ª *En el terreno de la coordinación del ferrocarril con la carretera, la conveniencia de la aplicación a España de los principios generales expuestos, se refuerza por las circunstancias especiales de la nacionalización de los ferrocarriles, de la dificultad de hacer nuevas inversiones y por el carácter nacional o extranjero del abastecimiento de los combustibles que precisan el uno y el otro sistema. Tienen especial importancia las obligaciones que pesan sobre el ferrocarril en su concepto de servicio público nacional.*

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

8.ª *Deben regularse las importaciones de vehículos destinados al Servicio público por carretera, con la intervención de los Organismos rectores de este servicio, para que no excedan del total necesario para el mismo.*

9.ª *En la renovación de la parte que se juzgue precisa del Parque de Material de Transporte por Carretera, por vetustez o mal estado de los vehículos, debe atenderse a que el material nuevo que se adquiera permita obtener el debido rendimiento económico, por sus características técnicas y su modernidad.*

14.ª *La explotación racional del tráfico marítimo de cabotaje debe estar basada en la máxima libertad y responsabilidad del armador en la organización de todas y cada una de las operaciones que corresponden a su función, derivadas del contrato de transporte.*

Debe reducirse todo lo posible los impuestos, trámites y gastos de puerto, a fin de evitar la grave crisis que hoy amenaza al cabotaje nacional.

Después de la aprobación de estas Conclusiones, y sin más asuntos de que tratar, se levanta la sesión a las nueve de la noche.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CONCLUSIONES DEL GRUPO SÉPTIMO

«TRANSPORTES»

*Las Conclusiones de los trabajos que se publican en este Tomo VIII, estudiadas en las respectivas Secciones del Grupo VII-*Transportes, *fueron coordinadas y dispuestas para su presentación al Pleno del Congreso, en la reunión conjunta celebrada al efecto, por las Mesas de aquellas Secciones con el Ponente General don Ángel Rivas Suardíaz.*

Estas Conclusiones de carácter provisional, impresas en las páginas 206 a 208 del Tomo I, se sometieron a examen y discusión en el Pleno y quedaron aprobadas en el celebrado el día 2 de junio de 1950, con la redacción que consta en las páginas 242 a 245 de aquel Tomo I.

FIN DEL TOMO VIII

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

TOMO IX

MAQUINARIA Y EFICIENCIA



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

GRUPO VIII

MAQUINARIA Y EFICIENCIA

ACTAS DE LAS SESIONES Y TRABAJOS

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

SECCIÓN 1.ª

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA
(28 de mayo a 3 de junio de 1950)

ACTA DE LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 29 DE MAYO DE 1950

Se abre la sesión a las diez de la mañana y se constituye la Mesa con la Presidencia de D. Luis Inglada Ors, Ingeniero Industrial; Vicepresidencia de D. Julio de Cierva Malo de Molina, Ingeniero Naval, y actúa como Secretario D. Luis Calderón Bárcena, Comandante de Artillería, quien anuncia la ausencia del otro Vicepresidente, D. Luis Mazarredo, que se encuentra en el extranjero.

Se comienza con la lectura del siguiente trabajo núm. 3:

N.º 3. - Posibilidad y conveniencia de nacionalizar la fabricación de maquinaria y material minero

Autor: D. RAMÓN DÍAZ QUECTUQUI
Ingeniero de Minas

Las personas que en la actualidad se encuentran al frente de una explotación hullera y que son responsables de su producción y de sus resultados económicos, ven dificultada su labor por la escasez de herramientas mecánicas de uso corriente y de maquinaria de todas clases para los servicios generales de la mina, así como por la mala calidad de las que se ofrecen en el mercado.

Ello es realidad indudable y, por crudo que sea exponerla, sería una ficción figurarla de otra manera, sin que por ello dejen de admirarse los esfuerzos de los industriales que se afanan en llenar estas necesidades, con mejor voluntad que éxito, y que fracasan siempre por falta de medios materiales para organizar racionalmente su fabricación.

Este preámbulo parece dispuesto a preparar una justificación para defender la importación de todos aquellos elementos de trabajo para las minas que, en nuestro país, no pueden fabricarse en cantidad y calidad, pero no es ese nuestro propósito, pues, como españoles, deseamos la total independencia económica o la máxima posible, de la industria extranjera, y por el contrario, lo que vamos a exponer, esquemáticamente, son ideas para la posible nacionalización, con buen éxito, de la fabricación de material para minas.

Dadas las condiciones de nuestros yacimientos hulleros y los obligados métodos de laboreo que estas condiciones imponen, la mecanización que, en nuestras explotaciones, se puede realizar es mucho menos extensa que la que se logra en minas extranjeras que la providencia dotó de mayor riqueza y mayores facilidades de explotación.

Por ello, los servicios de posible mecanización en nuestras minas, contra lo que generalmente se cree, son relativamente muy pocos, y en ellos las herramientas y máquinas que precisa emplear pueden ser racionalizadas y reducidas a escasos tipos para cada servicio, lo que simplificaría el programa de su fabricación.

Por hoy, están mecanizados, en las minas de carbón españolas, los servicios siguientes, en las proporciones que vamos a expresar, por estimación personal a falta de estadísticas completas:

Perforación: En su totalidad.
Arranque: En un 75 %.
Transporte en galerías principales: En un 10 %.
Transporte en talleres de arranque: En un 15 %.
Ventilación secundaria: En un 40 %.

No existe mecanización alguna y es posible efectuarla con ventajas económicas en:

Transporte en galerías secundarias.
Cargue de escombros en los frentes.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ENUMERACIÓN Y RECUENTO DE MÁQUINAS Y ÚTILES NECESARIOS PARA COMPLETAR LA MECANIZACIÓN

Compresores.

Una instalación de 1,5 caballos de potencia de producción de aire comprimido, por tonelada comercial explotada y día, es la media corriente en hulleras de nuestro país; para la misma producción, en Bélgica, en minas similares a las nuestras, en cuanto a mecanización, se llega a 4 caballos instalados por tonelada producida por día.

Con una producción de combustibles nacionales de 12 millones de toneladas anuales (antracitas, lignitos y hullas), que corresponden a 38.700 diarias, podrá haber unos 58.000 caballos instalados en números redondos de compresores con el módulo español de 1,5 HP., por tonelada. Para una mecanización análoga a la belga, deberían instalarse 154.800 caballos, o sea unos 96.800 más sobre los actuales.

Completamente desterrado el empleo de pequeños compresores para el trabajo minero, por su escaso rendimiento, creemos que su construcción puede limitarse a tres tipos, de 100, 300 y 500 caballos, lo que permitiría racionalizar y abaratar su construcción por simplificación y reducción de modelos, plantillas, calibres, etc.

Justificamos la elección de esos tres tipos porque, en minas pequeñas y secciones de grupos más importantes de montaña, que necesitan instalaciones que han de ser removidas con cierta frecuencia y arrastradas por malos caminos, los compresores de 100 caballos están indicados por su facilidad de transporte y montaje. En pequeños pozos y centros de extracción de montaña, con instalaciones de carácter permanente, están indicados los de 300 caballos y, finalmente, en grandes pozos e instalaciones centralizadas, fijas, son de aplicación las unidades de 500 caballos.

Estimamos que la demanda de mercado será de un 30 % de cada una de las clases.

Según esto, la demanda mínima de la industria es:

320	compresores	de 100 HP.	= 32.000	HP.
105	»	de 300 »	= 31.500	» y
64	»	de 500 »	= 32.000	»
o sea en total, 489	compresores.....		= 95.500	»

para un programa de mecanización de cinco años, sin contar con substituciones de máquinas pequeñas o desgastadas, lo que supone una fabricación anual mínima de 64 máquinas de 100 caballos, 21 máquinas de 300 caballos y 13 máquinas de 500 caballos.

Este ritmo anual puede ser mantenido, habida cuenta de otras clases de industria y minería que necesitan aire comprimido y de la reposición de material en servicio, ya anticuado.

La técnica de fabricación de compresores no encierra ningún problema de fundición, forja o mecanización, que nuestra ingeniería no pueda afrontar con buen éxito. En cuanto a primeras materias, son todas de producción nacional y solamente deberían importarse, al principio, ciertos cojinetes de rodillos cónicos.

Martillos neumáticos perforadores y picadores.

En la construcción de estas herramientas las iniciativas particulares dispersas han hecho lo posible para abastecer el mercado, con mediano éxito, pues, pese al buen deseo de los fabricantes, se han limitado éstos, en general, a copiar un tipo conocido y adoptado por los mineros, sin preocuparse de conseguir un abastecimiento homogéneo y regular de primeras materias de calidad, sin investigación de laboratorio y sin procurarse una verdadera colaboración con los mineros.

El resultado es una producción muy corta y cara, por consiguiente; una calidad deficiente por falta de laboratorios metalográficos y químicos, imposibles de sostener en industrias de tan reducido volumen, y que se traduce en desigualdad de los lotes fabricados, en los que, inexplicablemente, después de unas series excelentes, se construyen otras pésimas y con falta de técnica de precisión, con ajustes deficientísimos que llegan en ocasiones a la imposibilidad del intercambio de piezas de martillos del mismo tipo y fabricante, aun cuando cada uno, ajustado individualmente, suele tener apariencia satisfactoria.

Peor todavía ha sido el resultado obtenido en la fabricación de martillos picadores, de los que la industria nacional ha producido infinidad de tipos que, salvo contadas excepciones, han dado un resultado desastroso.

Y, sin embargo, creemos perfectamente viable una construcción irreprochable, siempre que esté debidamente dirigida, para lo cual es necesario:

1.º Un abastecimiento de aceros de características constantes, intervenido por ensayos químicos y metalográficos rigurosos.

2.º Un tratamiento de los mismos, según normas prefijadas debidamente estudiadas.

3.º Una mecanización en serie de alta precisión.

Todo ello es posible con recursos nacionales, aunque acaso en el segundo punto nuestra técnica carezca de la experiencia precisa, pero es irrealizable en los pequeños talleres que producen de 10 a 20 martillos perforadores por mes, y medio centenar de martillos picadores en igual período, porque es lógico que no puedan sostener los servicios de laboratorio y vigilancia que tal fabricación requiere.

Calculamos que con la mecanización total de la perforación y arranque en nuestras minas de carbón y la actual producción de combustible, se necesitarán unos 13.000 martillos picadores y 970 perforadores en servicio diario.

Como un martillo tiene desgaste rápido y su uso se hace antieconómico por exceso de consumo, en cuanto su gasto es superior en un 20 % al normal, la vida de un martillo en buenas condiciones de trabajo no es superior a tres años, lo que supone una renovación mínima de 4.000 martillos picadores y de 300 perforadores al año.

Los tipos de martillos picadores que necesitan hoy nuestras minas pueden limitarse a dos: uno, de nueve kilos de peso, para el arranque en capas duras, y otro, de siete kilos para capas de poca dureza, pues, aunque, naturalmente, sería deseable contar con más tipos, adecuados a las condiciones de arranque de cada capa, debe sacrificarse este desiderátum a la simplificación.

Los tipos de martillos perforadores pueden también reducirse a dos distintos, uno de 16 kilos, para trabajar a mano, y otro de 25, para trabajar sobre soporte o para barrenos verticales.

Por tanto, es posible racionalizar el herramental para construir dos tipos, en cantidad de unos 2.000 picadores anuales, de cada

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

clase, más otro millar de cada una en piezas de repuesto necesarias para el entretenimiento de los que están en servicio.

Contando el consumo de minas metálicas, canteras y obras públicas, calculamos se usarán diariamente unos 2.000 martillos perforadores más, que suman 3.000, con los de minas de carbón, y con vida de trabajo análoga a la de los picadores, deberán construirse anualmente 1.000 martillos perforadores, fácilmente absorbidos por el mercado, de los cuales 250 de tipo pesado y 750 de tipo ligero, más las piezas de recambio correspondientes a la construcción de unos 500 martillos para entretenimiento de los que estuviesen en servicio.

Por tanto, el programa de construcción de una fábrica de martillos neumáticos para abastecer el mercado nacional, sería:

3.000	martillos	picadores	tipo	7 Kg.
3.000	íd.	íd.	íd.	9 Kg.
375	íd.	perforadores	íd.	25 Kg.
1.125	íd.	íd.	íd.	16 Kg.

que suponen un consumo de unas 76 toneladas de aceros de calidad que permiten establecer una vigilancia cuidadosa de recepción y garantizar homogeneidad de características.

Como anexo o complemento de esta fabricación habría de establecerse la de picas para martillos picadores, de los que cada martillo consume unas cuatro al año como mínimo, lo que da 52.000 picas con un peso de unas 60 toneladas de acero.

Locomotoras de mina.

En las cuencas españolas no es posible, o por lo menos no lo será en muchísimo tiempo, organizar los transportes en galería a base de cintas; la irregularidad de los yacimientos no permite el trazado de galerías rectilíneas sobre capas y habría que practicarlas en su mayor parte en roca, lo que gravaría el coste de explotación en forma insoportable. Sin negar que en casos particulares podrá realizarse económicamente el transporte con el empleo de bandas, creemos que la única mecanización posible en galerías es el empleo de locomotoras adecuadas, en dimensiones, al gálibo y trazado de las que hayan de servir.

Las locomotoras eléctricas, con toma de corriente aérea, perfectamente indicadas para tráfico intenso en grandes transversales y galerías de arrastre, tienen el inconveniente de la dificultad del tendido aéreo, exagerada ahora por la escasez de materiales para conductores.

Por ello, entendemos que la solución inmediata para una mecanización amplia del transporte en galerías, no es otra que el empleo de locomotoras Diesel, aún reconociendo la impurificación de la atmósfera minera que producen los motores de combustión, pues tales locomotoras pueden, con las limitaciones impuestas por las condiciones de ventilación, entrar donde puede hoy trabajar una mula.

Es posible organizar los transportes por galerías en capas, galerías de arrastres y transversales, con sólo dos tipos de locomotoras; una, que podríamos llamar de maniobras, reducida de volumen, para entrar en labores de escasa sección a consecuencia de presiones de explotaciones próximas y de poco peso para facilidad de ser encarrilada en caso posible de descarrilamiento por vías mal cuidadas, con un esfuerzo en el gancho suficiente para remolcar ocho toneladas en horizontal a 5 ó 6 kilómetros por hora de velocidad, dotada de dos velocidades de 2,5 y 6 kilómetros por hora y apta para inscribirse en curvas de seis metros de radio. Esta máquina, de unas 2 a 2,5 toneladas de peso, con motor de 10 a 12 caballos, sería lo que puede llamarse una mula mecánica.

El otro tipo de locomotora se diseñaría para el arrastre en galerías principales y transversales y debería tener características capaces para remolcar trenes de 30 toneladas en horizontal, con una velocidad máxima de 12 a 15 kilómetros por hora y de inscribirse en curvas de 10 metros de radio.

Probablemente una máquina de 5 a 6 toneladas de peso adherente, con motor de 25 a 30 caballos, bastaría a estos fines.

Los motores de estas locomotoras, tendiendo a la máxima simplicidad, deberían ser monocilíndricos, horizontales, con enfriamiento por camisa de agua y evaporación, prescindiendo de radiadores, por ser el radiador un órgano muy delicado para máquinas que han de sufrir el rudo trato del trabajo en el interior de minas.

Los dos tipos de locomotora deberán estar provistas de aparato para lavado de gases y dispositivo antigrisú.

Como se ve, subordinamos la sencillez y la robustez de la máquina al rendimiento, que debe ser sacrificado para conseguir en la mina un trabajo continuo y sin averías.

La construcción de los motores no encierra ninguna dificultad de fundición de moldeo, ni de mecanización para nuestra industria nacional; en cambio, la construcción, delicada por su precisión, pero robusta por dimensiones y módulos de las cajas de velocidades que tales máquinas requieren, es difícil y acaso la construcción de estos engranajes, pocos en número, no justifique la adquisición de máquinas-herramientas de taller de gran valor, por lo que probablemente sería preferible encargar estos elementos a talleres ajenos de la industria nacional que se dediquen a construcción de engranajes y reductores para la industria y la navegación.

La substitución de la tracción de sangre por la mecánica con locomotoras no puede ser total, y suponemos que quede limitada a las galerías principales y de preparación en capas con ventilación abundante y que sólo alcanzará a la mitad de la actual de sangre, o sea circunscribiéndonos a la cuenca asturiana, por no tener datos de otras, a substituir a unas 2.000 mulas, de las cuales una mitad se emplean en transversales y galerías de arrastre y el resto en galerías en capa.

Como una locomotora de dos y media toneladas de peso puede substituir perfectamente a cuatro mulas y una de cinco a ocho mulas, el cambio de tracción supondría el empleo de 250 locomotoras ligeras y 125 locomotoras pesadas.

Calculando la vida de la locomotora en diez años, la reposición obligaría a construir 25 anuales del primer tipo y 12,50 del segundo.

Si la substitución de la tracción se planea para un plazo de cinco años, deberán construirse por año 50 locomotoras grandes y 25 pequeñas, proyectando la fabricación para este ritmo doble del de reposición.

Pero, teniendo en cuenta las cifras restringidas que hemos dado en cuanto a posibilidad de substitución, puesto que solamente hemos tratado del cambio de tracción en las minas de Asturias y la posibilidad de emplear estas máquinas en otras regiones, en otra minería y en trabajos de contratas, obras públi-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

cas, etc., no es excesivo prever una fabricación para un ritmo anual de:

50 locomotoras de 2,5 toneladas.
25 locomotoras de 6 toneladas.

Tornos de aire comprimido.

En transportes horizontales del orden de 200 a 300 metros, hay casos en los que es forzoso el empleo de caballerías que encarecen excesivamente el servicio por inmovilizar un semoviente, hoy de precios muy altos, para mover un tonelaje reducido, lo que eleva de modo exagerado el costo de la tonelada kilométrica en este transporte parcial.

Un torno de aire comprimido, de unos 10 caballos de potencia como máximo, con una fuerza de tracción de 160 kilos y de construcción y manejo muy sencillo, substituye con ventaja a una caballería y no hace consumo más que cuando trabaja.

En recorridos entre 300 y 600 metros, tornos de dos tambores accionados por aire comprimido, para trabajar por el sistema «cabezacola», abaratarían igualmente el coste del transporte.

Tanto en uno como en otro caso cada torno puede substituir a dos mulas, una en cada relevo, puesto que, el mismo torno que en un relevo realiza el transporte de carbón, puede, en el segundo, efectuar el de escombros para relleno, materiales, etc.

Para el transporte de madera a los talleres de arranque en zonas de gran pendiente, el uso de tales tornos humanizaría la operación llamada de la tira y permitiría mejor aprovechamiento de la jornada.

Para los servicios de transportes cortos calculamos habrá destinadas en Asturias unas 1.000 mulas que pueden ser substituídas por 500 tornos que se repartirían por mitades entre el tipo de uno y dos tambores con capacidades de arrollamiento de 300 y 600 metros, respectivamente.

Los motores de estos tornos, naturalmente, de aire comprimido, para poderlos utilizar donde quiera que llegue la red de tubería, deberán ser lo más sencillos posible; son recomendables los de turbinas de canales helicoidales con cambio de marcha por engranaje planetario.

Calculando en diez años la vida media de estos tornos, la reposición de los 250 de cada clase supone la fabricación anual de:

25 tornos de un solo tambor y
25 tornos de dos tambores.

Teniendo en cuenta la fabricación necesaria para constituir el herramental de las minas de hulla y el empleo de estos tornos en otras zonas mineras y en aplicaciones distintas de la minería del carbón, estimamos que una fabricación anual de:

40 tornos de un solo tambor y
40 tornos dobles

sería absorbida fácilmente por el mercado.

Ventilación secundaria.

No existe ni una casa española que haya acometido la construcción de ventiladores para la ventilación secundaria, que deben adquirirse absolutamente todos procedentes de importación.

Esta falta de elementos para la ventilación secundaria, o retrasa los trabajos de preparación, por tener que esperar que se termine cada uno y que se comunique con el circuito general de ventilación para llevar los elementos ventiladores a otro lugar, o se realizan los trabajos en malas condiciones de seguridad, totalmente inadmisibles en las concentradas explotaciones por pozo, de donde se obtiene ya la mayor parte de la producción en España.

La construcción de estos ventiladores colmaría uno de los vacíos más sentidos por los jefes de explotación que no pueden, ni fácil ni difícilmente, encontrar soluciones provisionales para llenarlo.

Todos los ventiladores para ventilación secundaria, por su carácter de portátiles y de ser utilizables en cualquier rincón de la mina, deben ser accionados por aire comprimido.

Consecuentes con la idea de normalización de todo el material de explotación, entendemos sería suficiente la construcción de dos tipos únicos para tubería de 300 y 400 m/m. de diámetro.

La fabricación no tiene ninguna dificultad especial, si bien los rodetes de las turbinas y las hélices de los ventiladores deberán estar muy bien estudiados para que la máquina tenga rendimiento satisfactorio.

No tenemos base para calcular con cierta aproximación la capacidad de absorción de esta maquinaria por las minas; sin embargo, podemos suponer que en las preparaciones y trazados de las minas suele tenerse en marcha un transversal en roca y una chimenea de preparación o de monta por cada 5.000 toneladas mensuales de producción.

Según esto, en Asturias se necesitarían unos 200 ventiladores para atender la ventilación secundaria obligada por las preparaciones corrientes.

Teniendo en cuenta que la abundancia de material para ventilación secundaria intensificaría su empleo, que no solamente se reduciría a los trabajos de preparación, sino al de todos los lugares alejados o incomunicados del circuito de ventilación, no es aventurado admitir un consumo de 100 ventiladores por año, de los cuales 40 serían para conducción de 400 m/m. y 60 para conducción de 300 m/m. de diámetro.

Los acopios de primeras materias para esta fabricación son, principalmente, aluminio, latones especiales, cojinetes de bolas, lingote de moldería y chapa de acero, todos ellos obtenibles en los mercados nacionales como producción nacional.

Motores de aire comprimido para coladeros oscilantes.

Las dificultades para la importación de estas máquinas han obligado a las minas que los usan a encargar su construcción a talleres diversos, inspirándose en los modelos y tipos que son familiares a cada explotación, y realmente han logrado resolver su problema, pero a costa de enorme diversidad de tipos y producción de escaso número de unidades con el encarecimiento natural de las mismas.

Como en nuestras minas no suelen existir frentes de arranque superiores a 60 metros de longitud, y, en el caso excepcional de haberlos, pueden servirse como dos coladeros colocados en serie, fijamos en 60 metros la longitud de canal o coladero para ser accionado por un motor.

Sobre esta base son suficiente motores de 200 m/m. de diámetro. Sin embargo, en algunos métodos por tajos ascendentes, en capas muy estrechas y lugares poco accesibles, pueden ser excesivamente voluminosos y pesados los de 200 m/m. de diámetro y recomendables los de 160 m/m de diámetro.

Por esto, consecuentes con la idea de unificación, se aconseja

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

la construcción de sólo estos dos tipos en proporción de un 60 por 100 de motores grandes y 40 por 100 de motores pequeños.

Su construcción es extraordinariamente sencilla y en ella sólo ha de cuidarse de la precisión e intercambiabilidad de las partes ajustadas, a fin de no tener dificultad los recambios de piezas averiadas a reponer.

En la cuenca asturiana sólo un 20 por 100 de la producción sale de talleres, en los que la evacuación del carbón no puede hacerse por gravedad, en las cuencas leonesa y palentina un 30 por 100 y en las del Centro y Sur de España, con métodos distintos de explotación, sólo se transporta con coladero oscilante un 20 por 100.

Teniendo en cuenta las minas de antracita y de lignito, puede estimarse que la producción que puede ser transportada por coladeros oscilantes es de unas 8.000 toneladas diarias.

Suponiendo a cada coladero un transporte medio de 50 toneladas por día, se precisan 160 motores en servicio para carbón, sin contar con los que puedan usarse para el servicio de rellenos.

La vida de estos motores, de marcha muy lenta, es por lo menos de cinco años, por lo cual, una vez dotadas las minas, sólo harían falta para reposición unos 30 al año, por lo que fijamos una cifra de 40 como fabricación anual a fin de completar el equipo de las minas actuales y reponer el material que va decayendo. De estos motores, 24 serían de tipo grande y 16 de tipo pequeño.

Con la fabricación de motores se simultanearía la de canales y rodaduras para los mismos, que supone, a razón de 50 metros por motor y una duración de tres años para la canal, la construcción de 2.500 metros de canal, que consumiría unas 70 toneladas de chapa de acero de 5 m/m.

Palas neumáticas para escombro.

El problema de avance en las labores mineras en roca es fundamentalmente de cargue y evacuación de escombros.

El cargue de escombros es uno de los trabajos más penosos y más lento cuando es manual y no es posible acelerarlo ampliando los equipos de trabajadores por falta de espacio suficiente para que varios obreros desarrollen su trabajo.

Por esto, y por la escasez de peones de interior y vagoneros, los trabajos de preparación van a ritmo más lento de lo que debieran ir en la generalidad de las minas, frenando la ampliación de campos de explotación y, por tanto, el aumento de producción.

Por ello, es deseable resolver mecánicamente el problema de cargue de escombros, aunque debe tenerse en cuenta que esta mecanización no conviene más que en aquellos frentes en los que la suficiente ventilación hace posible dar varias pegas de barrenos en la jornada sin crear molestias al personal, o en aquellos lugares en los que, por la proximidad de varios frentes de avance, una máquina puede servir varios frentes en los que se dé una sola pega en el mismo día.

De otro modo, la amortización de una máquina cara sobre pocas unidades de obra encarecería extraordinariamente el precio de los avances sin mejorarlos sensiblemente.

Suponiendo que exista una labor de preparación en roca por cada 5.000 toneladas mensuales producidas, existirán 200 frentes para una producción mensual de 1.000.000 de toneladas de combustible, para cuyo servicio harían falta unas 200 máquinas cargadoras.

De las varias máquinas cargadoras que se emplean en la minería mundial, las más prácticas que conocemos son las de tipo americano de cuchara basculante, que recogen el escombro en un sector cuyo eje es el de la vía por la que circulan y que descargan directamente sobre vagones que se unen a la máquina.

Un solo tipo y tamaño para nuestras minas sería suficiente, pues aun cuando para trabajo de túneles y excavaciones amplias un tamaño mayor sería más ventajoso, el tipo pequeño satisface también sobradamente las necesidades actuales y simplifica la construcción en serie.

Una fabricación de 50 máquinas al año equiparía en cuatro años las minas de carbón, pero teniendo en cuenta las necesidades de minas metálicas y de obras públicas, creemos se puede mantener esta cifra como de fabricación normal anual.

No hay experiencia de estas máquinas; trabajan muy pocas en España y no hay datos para hacer un diseño nacional, por lo que estas máquinas deberían construirse bajo licencia.

Este recuento prueba que existe un mercado muy necesitado para absorber una producción de segura colocación, si se procura que sea de buena calidad, similar a la de importación extranjera y con precios no superiores, y, como resumen, propugnamos por la constitución de una entidad constructora de material de mina que pueda hacer una producción anual de:

98 compresores, grandes y medianos.
6.000 martillos picadores.
1.500 martillos perforadores.
75 locomotoras de «gas-oil».
80 tornos de arrastre.
100 ventiladores para ventilación secundaria.
40 motores para coladeros oscilantes.
50 palas neumáticas cargadoras

como programa inicial modesto, de acuerdo con las necesidades actuales de nuestra industria minera y, por tanto, de posible ampliación.

Una producción de este volumen podría competir en precio con la de importación extranjera, a base de construcción y materiales de primera calidad, y liberaría una salida de divisas, que calculadas en dólares estimamos como mínimo:

Material	Unidades	Precio $	Importe
Compresores	98 para 96.000 HP.	57 p. HP.	547.200
Martillos picadores	6.000	80 (1)	480 000
Martillos perforadores	1.500	310	465.000
Locomotoras	75 para 1.250 HP.	250 p. HP.	312.500
Tornos	80	1.500	120.000
Ventiladores	100	150	15.000
Motores de coladeros	40	400 (1)	16.000
Palas cargadoras	50	3.000	150.000
		TOTAL	2.105.700

(1) Supuestos.

No es imposible su realización, pues poseemos primeras materias y materiales semiterminados, tenemos técnica y obreros; sólo

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

se necesitaría, como importación, la de algún técnico especialista para ahorrar costosos tanteos en herramientas de aire comprimido.

Se brinda este estudio, en primer lugar, a los industriales españoles, y sólo en caso de fallo de la iniciativa privada a la del Instituto Nacional de Industria.

CONCLUSIONES

1.ª Las minas de carbón están necesitadas de mecanización, aunque en menor grado que el que generalmente se supone.

2.ª La fabricación de la maquinaria y herramientas precisas para esta mecanización es enteramente posible en nuestro país.

3.ª El mercado minero ofrece una capacidad de absorción que asegura la marcha estable de una industria, siempre que sus productos den satisfacción.

4.ª La fabricación de maquinaria para minas quedaría nacionalizada haciéndonos independientes de la importación.

5.ª La economía nacional puede evitar una salida mínima de dos millones ciento cinco mil dólares al año.

6.ª El rendimiento y producción de las minas de carbón españolas sería incrementado con el auxilio de la mecanización necesaria.

Ujo, 16 de agosto de 1949.

Tras la lectura de este trabajo, son aprobadas las conclusiones que en el mismo se proponen, y a continuación se lee el núm. 25 siguiente:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 25. - Consideraciones sobre el cálculo y construcción de tuberías forzadas para centrales hidroeléctricas

Autor: D. ALFREDO CANAL ANFRÉS
Ingeniero Industrial

NOTA PRELIMINAR

Después de nuestra guerra civil la construcción de aprovechamientos hidroeléctricos se ha visto dificultada por multitud de problemas, y uno de los más importantes ha sido la escasez de divisas para la importación de maquinaria. Ello ha obligado a proyectar, estudiar y construir en España elementos de las nuevas centrales, que en otras condiciones se hubieran importado. Los que hemos intervenido en forma más o menos directa en estos proyectos y construcciones, tuvimos que enfrentarnos con una serie de problemas técnicos, tanto de orden teórico como de orden práctico, estudiarlos y resolverlos en la forma más conveniente. Uno de estos problemas ha sido el cálculo y construcción de tuberías forzadas para los nuevos saltos. Dicho cálculo, cuya marcha general puede verse en cualquier tratado de construcciones hidráulicas, presenta, no obstante, una serie de puntos que merecen especial atención y detenido estudio de las condiciones de trabajo del material, sobre todo para tuberías de gran diámetro.

Mi propósito en este trabajo es dar a conocer unos estudios efectuados sobre tres puntos concretos del cálculo de una tubería forzada que aparecen poco precisos o poco claros en los tratados de construcciones hidráulicas.

Me refiero únicamente a tuberías de plancha de acero, que descansan en apoyos espaciados, que es el tipo más corriente en nuestras centrales.

Los puntos estudiados son los siguientes:

I. Estudio de la ovalización de las tuberías debida a su propio peso, peso del agua contenida, sobrecargas y variación del esfuerzo cortante a lo largo de los tubos, con determinación de las fatigas y deformaciones debidas a las causas anotadas.

II. Estudio de la dilatación de una tubería forzada debido a los cambios de temperatura.

III. Manera de efectuar las pruebas de presión en el taller de construcción para reproducir lo más exactamente posible las condiciones de trabajo real de los tubos en servicio.

Como son estos temas, especialmente los dos primeros, una aplicación analítica de las teorías y fórmulas de «Resistencia de Materiales» y para no convertir este trabajo en una árida e interminable serie de cálculos algebraicos, he suprimido todo el desarrollo puramente matemático de los mismos, limitándome a exponer los razonamientos y bases del cálculo, el resultado de los mismos y las consideraciones a que estos resultados conducen.

CAPÍTULO PRIMERO

DISPOSICIONES DE APOYO DE LAS TUBERÍAS FORZADAS Y FACTORES QUE PRODUCEN LA OVALIZACIÓN DE LAS MISMAS

En las centrales modernas los apoyos de las tuberías forzadas acostumbran hacerse por medio de dos patines deslizantes, fijos a la tubería, generalmente acompañados de uno o más anillos de refuerzo, tal como se indica de forma esquemática en la fig. 1.

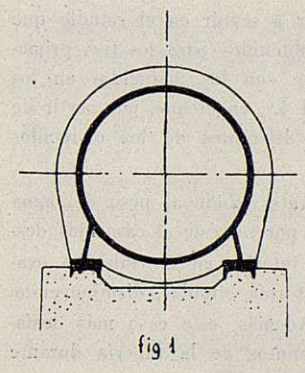


fig 1

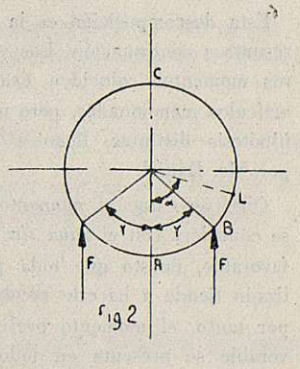


fig 2

Estos patines presentan en la parte inferior una superficie de deslizamiento perfectamente lisa que apoya sobre perfiles [empotrados en los macizos de hormigón. Esta disposición evita todo desgaste de la plancha del tubo por frotamiento en las dilataciones. Un tubo apoyado de esta forma puede representarse esquemáticamente, según la fig. 2, en que F son las reacciones ver-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ticales, el círculo representa la sección del tubo concentrado en su circunferencia media y 2 γ el ángulo central de los apoyos.

En todos los cálculos sucesivos consideraremos los tubos horizontales; para el caso general de tubos inclinados bastará considerar la componente normal de las cargas ($P_n = P \cos \beta$, siendo P = carga; β = ángulo del eje de la tubería con la horizontal) y calcular a partir de este valor como si el tubo fuese horizontal.

El perfil de la tubería se presenta como en la fig. 3 y se pueden distinguir las zonas de apoyo de longitud *c* y las zonas libres de longitud L.

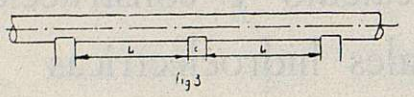


fig 3

En la revista francesa *Travaux* del mes de febrero de 1942 apareció bajo el título de «Contribution au calcul des conduites circulaires sur appuis espacés», un artículo de Mr. G. Daniel, que basándose en estudios de Mr. Dewulf («Le Genie Civil» 8-IX-34), Mr. Lazard («Genie Civil» 23 y 30-IX-1933) resumen y dan fórmulas para calcular los esfuerzos de ovalización para distintos tipos de apoyo, tanto en las zonas libres L como sobre las zonas de apoyo *c*.

Mr. Daniel considera que en un punto cualquiera L de la sección del tubo, fijado por la abscisa angular α, se presenta un momento flector que tiende a aumentar o disminuir el radio de curvatura de la sección produciendo, por tanto, una ovalización de la tubería. Este momento M_L, al que llamaré *momento ovalizante*, lo descompone en cuatro sumandos:

1.º Momento ovalizante debido al peso propio del tubo.

2.º Momento ovalizante debido al peso del agua sin presión.

3.º Momento ovalizante debido a las sobrecargas.

4.º Momento ovalizante debido a la variación de esfuerzo cortante a lo largo de la tubería.

El momento total ovalizante en un punto L es la suma algebraica de estos cuatro momentos.

Esta descomposición es la que voy a seguir en el estudio que resumo a continuación. Los valores obtenidos para los tres primeros momentos coinciden exactamente con los deducidos en los artículos mencionados, pero no así el 4.º, en el que, por partir de hipótesis distintas, llego a valores diferentes de los deducidos por Mr. Daniel.

Obsérvese que el momento ovalizante debido al peso del agua se considera con el agua *sin presión* por ser éste el caso más desfavorable, puesto que toda presión interior en un tubo ya ovalizado tiende a hacerle recobrar su forma circular, disminuyendo, por tanto, el momento ovalizante. Además, este caso más desfavorable se presenta en todos los puntos de la tubería durante su llenado.

Considerando como más apropiado para tuberías metálicas de diámetros medianos el tipo de apoyo esquematizado en las figuras 1 y 2, reduzco el estudio a esta clase de apoyos, pero el método de cálculo es apropiado para cualquier otra, y en el capítulo X se esbozan los cálculos para el caso de apoyo sobre cuna, muy corriente en nuestras centrales hidroeléctricas.

CAPÍTULO II

MARCHA GENERAL PARA EL CÁLCULO DE LOS MOMENTOS OVALIZANTES

Si consideramos la sección del tubo dividida por un plano diametral vertical y aislamos la media sección ALC, deberemos introducir para mantener el equilibrio las fuerzas T_A y T_C y los momentos M_A y M_C Considerando como positivos los momentos que tienden a aumentar el radio de curvatura de la plancha y como negativos los que tienden a disminuirlo, y llamando m_L al momento respecto L de todas las fuerzas que actúan sobre los elementos de plancha entre los puntos A y L, podremos escribir: (Fig. 4)

$$M_L = M_A + R\,T_A\,(l - \cos\alpha) + m_L \qquad (1)$$

En esta ecuación existen dos magnitudes hiperestáticas M_A y T_A cuya determinación puede hacerse por las consideraciones siguientes:

1.º Por razón de simetría de cargas, las secciones de la plancha en A y C no sufren desplazamiento angular alguno.

2.º Por igual razón, los puntos A y C solamente sufren desplazamiento vertical, y es, por tanto, nulo su desplazamiento horizontal.

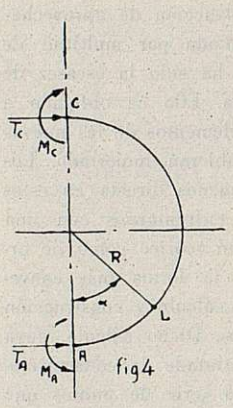


fig 4

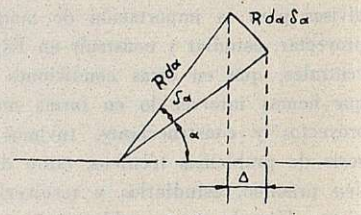


fig 5

De la primera consideración deducimos que el desplazamiento angular total entre A y C es nulo, lo cual podemos expresar por la fórmula:

$$\int_0^{\pi} \frac{M_L}{EJ}\,R\,d\alpha = 0$$

y teniendo en cuenta que tanto el módulo Young como el momento de inercia de la sección de la plancha y el radio son constantes a lo largo de todo el arco ALD, podremos escribir:

$$\int_0^{\pi} M_L\,d\alpha = 0 \qquad (2)$$

Para deducir una ecuación de la consideración 2.ª supongamos un elemento de arco $R d\alpha$ (fig. 5), que forma un ángulo α con la horizontal, el cual, debido al momento ovalizante M_L habrá girado un cierto ángulo

$$\delta\alpha = \frac{M_L}{EJ}\,R\,d\alpha$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

El desplazamiento horizontal del extremo del arco será:

$$\Delta = R \operatorname{sen} \alpha \, d\alpha \, \delta\alpha = R^2 \frac{M_L}{EJ} \operatorname{sen} \alpha \, . \, d\alpha^2$$

La suma de desplazamientos entre A y C debe ser nula, luego:

$$\int\int R^2 \frac{M_L}{EJ} \operatorname{sen} \alpha \, . \, d\alpha = 0$$

de donde se deduce

$$\int_0^N \frac{R^2}{EJ} M_L \cos \alpha \, d\alpha = 0$$

y, teniendo en cuenta la constancia de R, E, y J, llegamos a la ecuación:

$$\int_0^N M_L \cos \alpha \, d\alpha = 0 \qquad (3)$$

Las ecuaciones (2) y (3) nos permiten determinar en cada caso las magnitudes hiperestáticas T_A y M_A que intervienen en la fórmula del momento ovalizante.

Al traducir en fórmulas las consideraciones 1.ª y 2.ª he despreciado las deformaciones debidas a los esfuerzos normales y tangenciales en cada punto del arco por considerar que son muy pequeños en comparación con los producidos por el momento ovalizante.

Los momentos M_L *se referirán siempre a la unidad de longitud de la tubería.*

CAPÍTULO III

CÁLCULO DEL MOMENTO OVALIZANTE SOBRE EL APOYO DEBIDO AL PESO PROPIO

Sea p el peso por unidad de superficie de plancha.

Considerando un elemento de plancha de profundidad, unidad y ancho $Rd\omega$, su peso será:

$$p \, R \, d \, \omega$$

El valor de m_L será:

$$M_L = \int_0^{\alpha} p \, R \cdot R \, (\operatorname{sen} \alpha - \operatorname{sen} \omega) \, d\omega = p \, [R^2 \, \alpha \operatorname{sen} \alpha + \cos \alpha - l$$

siempre que α se conserve menor que γ. Para $\alpha > \gamma$ deberá añadirse el momento de la fuerza R que, según la convención de signos establecida, será (fig. 6):

$$-\pi R^2 p \, (\operatorname{sen} \alpha - \operatorname{sen} \gamma) \qquad (*)$$

(*) Obsérvese que la reacción vertical supone que el apoyo puede tener un cierto desplazamiento lateral a fin de evitar cualquier componente horizontal. En el caso de suponer el apoyo B fijo aparecería una nueva reacción horizontal F' que debería determinarse por una tercera condición de desplazamiento horizontal nulo entre los puntos A y B que se traduce en la ecuación siguiente:

$$\int_0^{\gamma} M_L \operatorname{sen} \alpha \cdot d\alpha = 0$$

Este caso no ocurre en la realidad puesto que, cualquiera que sea el tipo de patín empleado, presenta suficiente juego lateral para permitir considerar en todo momento la reación vertical.

luego, el valor total del momento M_L será:

$$M_{L_1} + M_A = hT_A \, (1 - \cos \alpha) + p \, R^2 \left[\alpha \operatorname{sen} \alpha + \cos \alpha - \underbrace{- 1 - \pi \, (\operatorname{sen} \alpha - \operatorname{sen} \gamma)}_{\alpha > \gamma} \right]$$

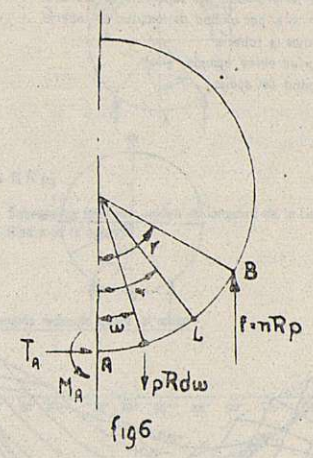


fig 6

Aplicando las ecuaciones 2 y 3 llegaremos a los valores de M_A y T_A que son los siguientes:

$$M_A = p \, R^2 \left[\operatorname{sen}^2 \gamma + \cos \gamma - (\pi - \gamma) \operatorname{sen} \gamma + \frac{1}{2} \right]$$

$$T_A = p \, R \left[\frac{1}{2} - \operatorname{sen}^2 \gamma \right]$$

que substituído en la anterior ecuación nos dan el valor de M_{L_1}:

$$M_{L_1} = p \, R^2 \left[\alpha \operatorname{sen} \alpha + \frac{1}{2} \cos \alpha + \cos \gamma + \operatorname{sen}^2 \gamma \cos \alpha - (\pi - \gamma) \operatorname{sen} \gamma \underbrace{- \pi \, (\operatorname{sen} \alpha - \operatorname{sen} \gamma)}_{\alpha > \gamma} \right]$$

Obsérvese que el corchete es independiente de las cargas y que es sólo función de α para un determinado valor de γ, llamándolo μ_1 tendremos:

$$M_{L_1} = p \, R^2 \, \mu_1 \qquad (4)$$

Al valor μ_1 (función de α para cada valor de γ) le llamaré *momento reducido* y sus valores se representan en el gráfico núm. 1.

CAPÍTULO IV

CÁLCULO DEL MOMENTO OVALIZANTE DEBIDO AL PESO DEL AGUA SIN PRESIÓN

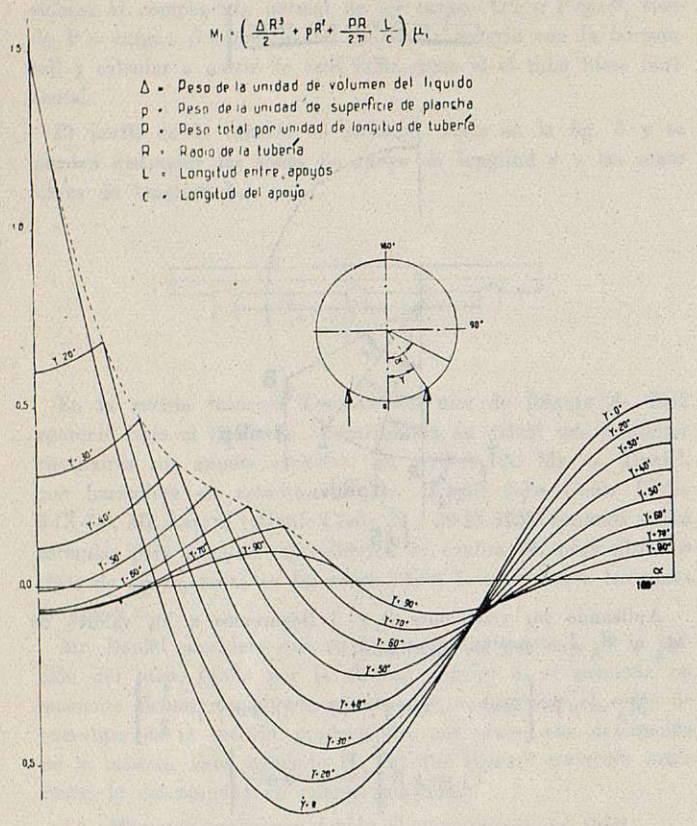
Sea Δ el peso por unidad de volumen del líquido que llena la tubería.

La fuerza df que actúa sobre un elemento de plancha $Rd\omega$ será (fig. 7):

$$df = R \cdot \Delta \cdot h \cdot d\omega$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Gráfico núm. 1.



$$h = R(1 + \cos\omega);\quad df = \Delta R^2 (1 + \cos\omega)\, d\omega;$$

$$m_L = \Delta R^3 \int_0^{\alpha} (1 + \cos\omega)\,\operatorname{sen}(\alpha - \omega)\, d\omega$$

Resolviendo esta integral se llega al valor:

$$m_L = \Delta R^3 \left[1 - \cos\alpha + {}^1/_2\,\alpha \operatorname{sen}\alpha\right]$$

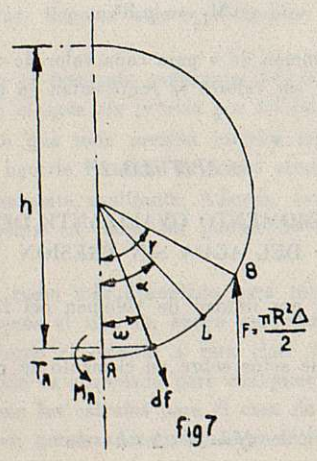


fig7

para $\alpha > \gamma$ hay que añadir el término

$$-\frac{\pi R^2 \Delta}{2} R(\operatorname{sen}\alpha - \operatorname{sen}\gamma)$$

luego la expresión total del momento será:

$$M_{L_2} = M_A + RT_A(1 - \cos\alpha) + \frac{\Delta R^3}{2}\left[2 - 2\cos\alpha + \alpha\operatorname{sen}\alpha - \underbrace{-\pi(\operatorname{sen}\alpha - \operatorname{sen}\gamma)}_{\alpha > \gamma}\right]$$

Aplicando las ecuaciones (2) y (3) llegamos a las expresiones siguientes:

$$T_A = -\frac{\Delta R^2}{2}\left[\frac{5}{2} + \operatorname{sen}^2\gamma\right]$$

$$M_A = \frac{\Delta R^3}{2}\left[\operatorname{sen}^2\gamma + \cos\gamma + \frac{1}{2} - (\pi - \gamma)\operatorname{sen}\gamma\right]$$

$$M_{L_2} = \frac{\Delta R^3}{2}\left[\alpha\operatorname{sen}\alpha + \cos\gamma \quad (\pi - \gamma)\operatorname{sen}\gamma + \frac{1}{2}\cos\alpha + \right.$$
$$\left. + \operatorname{sen}^2\gamma\cos\alpha - \underbrace{\pi(\operatorname{sen}\alpha - \operatorname{sen}\gamma)}_{\alpha > \gamma}\right]$$

fórmula cuyo corchete coincide exactamente con el correspondiente al peso propio de la tubería, luego podremos escribir:

$$M_{L_2} = \frac{\Delta R^3}{2}\mu_1 \qquad (5)$$

En resumen, el momento ovalizante debido al peso del tubo cargado de agua sin presión tendrá por expresión:

$$M_{L_{1-2}} = \left(pR^2 + \frac{\Delta R^3}{2}\right) \qquad (6)$$

CAPÍTULO V

CÁLCULO DEL MOMENTO DEBIDO A LAS SOBRECARGAS

Sean q = sobrecarga por unidad de proyección horizontal de la tubería.

Q = sobrecarga por unidad de longitud de la tubería.

Consideraremos el caso más general de una sobrecarga uniformemente repartida (en proyección horizontal de la tubería) que abarque un ángulo $2(\pi - \beta)$ de la mitad superior del tubo (figura 8).

$$Q = 2qR\operatorname{sen}\beta \;;\; q = \frac{Q}{2R\operatorname{sen}\beta}$$

La sobrecarga df que actúa sobre un elemento $Rd\omega$ de tubo será:

$$df = Rq\cos(\pi - \omega)\, d\omega$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

y la expresión general del momento será:

$$M_{L_3} = M_A + R\,T_A\,(1 - \cos\alpha) - \underbrace{\frac{QR}{2}(\operatorname{sen}\alpha - \operatorname{sen}\gamma)}_{\alpha > \gamma} - \underbrace{\int_{\beta}^{\alpha} l \cdot df}_{\alpha > \gamma}$$

de donde

$$l = R\,(\operatorname{sen}\omega - \operatorname{sen}\alpha)$$

$$M_{L_3} = M_A + RT_A\,(1 - \cos\alpha) - \underbrace{\frac{QR}{2}(\operatorname{sen}\alpha - \operatorname{sen}\gamma)}_{\alpha > \gamma} +$$

$$+ \int_{\beta}^{\alpha} \underbrace{R^2 q\,(\operatorname{sen}\omega - \operatorname{sen}\alpha)\,\cos\omega\,d\omega}_{\alpha > \beta}$$

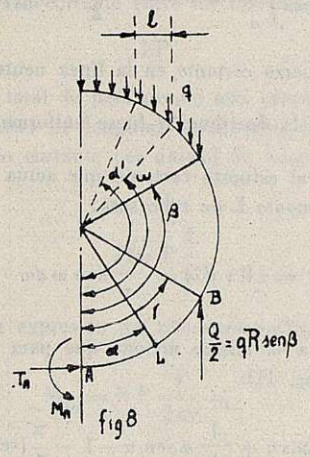


fig 8

Resolviendo la integral de esta ecuación y aplicando las ecuaciones (2) y (3), se llega a los valores siguientes:

$$M_A = \frac{QR}{2\pi}\left[\operatorname{sen}^2\gamma - \frac{1}{3}\operatorname{sen}^2\beta + \cos\gamma - (\pi - \gamma)\operatorname{sen}\gamma - \frac{3}{4}\cos\beta + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{2}(\pi - \beta)\operatorname{sen}\beta + \frac{\pi - \beta}{4\operatorname{sen}\beta}\right]$$

$$T_A = \frac{Q}{2\pi}\left[\frac{1}{3}\operatorname{sen}^2\beta - \operatorname{sen}^2\gamma\right]$$

$$M_{L_3} = \frac{QR}{2\pi}\left[\cos\gamma - (\pi - \gamma)\operatorname{sen}\gamma - \frac{3}{4}\cos\beta + \frac{1}{2}(\pi - \beta)\operatorname{sen}\beta + \right.$$

$$+ \frac{\pi - \beta}{4\operatorname{sen}\beta} - \frac{1}{3}\operatorname{sen}^2\beta\cos\alpha + \operatorname{sen}^2\gamma\cos\alpha - \underbrace{\pi\,(\operatorname{sen}\alpha - \operatorname{sen}\gamma)}_{\alpha > \gamma} -$$

$$\left. - \frac{\pi}{2\operatorname{sen}\beta}(\operatorname{sen}\alpha - \operatorname{sen}\beta)^2\right]$$

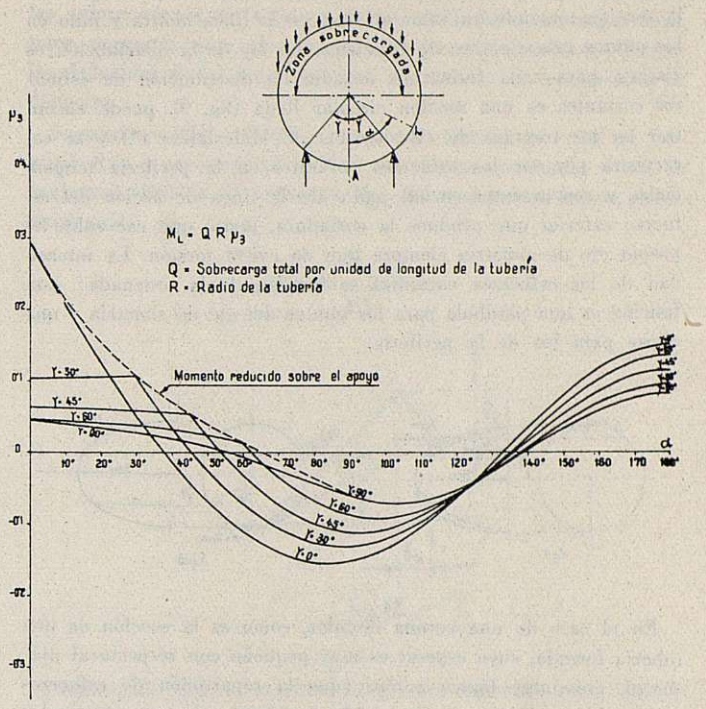
y agrupando en un solo valor μ_3 todos los factores dependientes de los ángulos se puede escribir la expresión:

$$M_{L_3} = QR\,\mu_3 \qquad (7)$$

en la cual μ_3 es el momento reducido cuyos valores se representan en el gráfico núm. 2.

Gráfico núm. 2.

VALORES DE μ_3



Obsérvese que el valor de μ_3 depende de 3 variables (α, β, γ) en vez de las dos (α, γ) de que depende el valor de μ_1; por lo tanto, su representación gráfica resultaría difícil. No obstante, los casos más interesantes en la práctica son el de sobrecarga de nieve que puede llegar a cubrir prácticamente toda la mitad superior de la tubería, y el de carga concentrada en la generatriz superior.

Para el primero se tiene $\beta = \frac{\pi}{2}$ y el valor de μ_3 se reduce a:

$$\mu_3 = \frac{1}{2\pi}\left[\cos\gamma - (\pi - \gamma)\operatorname{sen}\gamma + \frac{3\pi}{8} - \frac{1}{3}\cos\alpha + \operatorname{sen}^2\gamma\cos\alpha - \right.$$

$$\left. - \underbrace{\pi\,(\operatorname{sen}\alpha - \operatorname{sen}\gamma)}_{\alpha > \gamma} - \underbrace{\frac{\pi}{2}(1 - \operatorname{sen}\alpha)^2}_{\alpha > \frac{\pi}{2}}\right]$$

que es el que se representa en el gráfico núm. 2.

Para el segundo se tiene $\beta = \pi$ y el valor de μ_3 se reduce a

$$\mu_3 = \frac{1}{2\pi}\left[\cos\gamma - (\pi - \gamma)\operatorname{sen}\gamma + \operatorname{sen}^2\gamma\cos\alpha + 1 - \right.$$

$$\left. - \underbrace{\pi\,(\operatorname{sen}\alpha - \operatorname{sen}\gamma)}_{\alpha > \gamma}\right]$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CAPÍTULO VI

CÁLCULO DEL MOMENTO OVALIZANTE DEBIDO A LA VARIACIÓN DE ESFUERZO CORTANTE

Cuando en una sección cualquiera existe un esfuerzo cortante y un momento flector, el primero se reparte en forma desigual en la sección tomando un valor máximo en la línea neutra y nulo en los puntos más alejados de la misma. La ley de la distribución es distinta para cada forma de sección. La distribución de esfuerzos cortantes es una sección circular llena (fig. 9), puede encontrar en los tratados de «Resistencia de Materiales» (*) y se caracteriza por ser los esfuerzos cortantes en la periferia tangenciales y concurrentes en un punto de la línea de acción del esfuerzo exterior que produce la cortadura, punto que cae sobre el propio eje de simetría siempre que no exista torsión. La intensidad de los esfuerzos cortantes es función de la ordenada; esta función es una parábola para los puntos del eje de simetría y una elipse para los de la periferia.

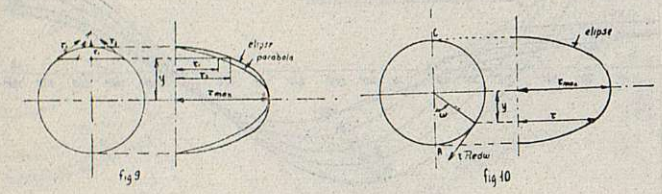


fig 9 fig 10

En el caso de una corona circular, como es la sección de una tubería forzada, cuyo espesor es muy pequeño con respecto al diámetro, creo muy lógico admitir que la repartición de esfuerzos cortantes se efectúa según una ley análoga a la que siguen los esfuerzos cortantes periféricos (τ_2) en la sección circular llena.

Supongamos, pues (fig. 10), que la circunferencia de diámetro AC representa la sección de la tubería. La distribución de esfuerzos cortantes se hará según una elipse cuyos semiejes serán:

$$a = \tau_{mAx}$$

$$b = R$$

En un punto L de la sección del tubo actuará un esfuerzo

$$df = \tau \,.\, R \,.\, e \,.\, d\,\omega$$

siendo el espesor de la plancha.

Si consideramos un trozo de tubo de longitud unidad y llamamos T a la variación de esfuerzo cortante entre los extremos de este trozo, es evidente que la suma de proyecciones sobre el plano vertical AC de los elementos de fuerza *df* correspondientes a la semicircunferencia ALC será igual a $\frac{T}{2}$, o sea,

$$\int_0^{\pi} R \,.\, e \,.\, \tau \,.\, \operatorname{sen}\,\omega \, d\omega = \frac{T}{2} \qquad (8)$$

Por otra parte, escribiendo la ecuación de la elipse cuyos semiejes son τ_{max} y R tendremos:

$$\frac{x^2}{\tau^2_{max}} + \frac{y^2}{R^2} = 1$$

pero

$$\frac{y}{R} = -\cos\omega$$

luego

$$\frac{\tau^2}{\tau^2_{max}} = 1 - \cos^2\omega = \operatorname{sen}^2\omega$$

de donde

$$\tau = \tau_{max} \operatorname{sen}\omega \qquad (9)$$

Substituyendo en (8) tendremos:

$$R \,.\, e \,.\, \tau_{max} \int_0^{\pi} \operatorname{sen}^2\omega \, d\omega = \frac{T}{2}; \quad \tau_{max} = \frac{T}{\pi\, R\, e}$$

o sea, que el esfuerzo cortante en la línea neutra es el doble del que se tendría si la distribución fuese uniforme $\tau = \frac{T}{2\pi Re}$.

En resumente, el esfuerzo cortante que actúa en forma tangencial sobre un elemento L de tubo será:

$$df = \tau\, R\, e\, d\,\omega = \frac{T}{\pi} \operatorname{sen}\,\omega\, d\omega \qquad (10)$$

Siguiendo ahora el mismo método que para los casos anteriores, tendremos (fig. 11):

$$M_L = \frac{RT}{\pi}\left[\cos\alpha + \frac{1}{2}\alpha\operatorname{sen}\alpha - 1 - \underbrace{\frac{\pi}{2}(\operatorname{sen}\alpha - \operatorname{sen}\gamma)}_{\alpha > \gamma}\right]$$

$$M_L = M_A + RT_A(1-\cos\alpha) + \frac{RT}{\pi}\left[\cos\alpha + \frac{1}{2}\alpha\operatorname{sen}\alpha - 1 - \underbrace{\frac{\pi}{2}(\operatorname{sen}\alpha - \operatorname{sen}\gamma)}_{\alpha > \gamma}\right]$$

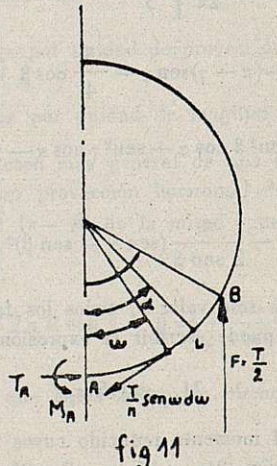


fig 11

(*) Puede verse en forma resumida en el «Manual del Constructor de Máquinas», de H. Dubbel, pág. 519.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Aplicando las ecuaciones (2) y (3) se llega a los valores siguientes:

$$T_A = \frac{T}{\pi}\left[\frac{3}{4} - \frac{1}{2}\operatorname{sen}^2\gamma\right]$$

$$M_A = \frac{R\Gamma}{\pi}\left[\frac{1}{2}\operatorname{sen}^2\gamma - \frac{1}{2}(\pi-\gamma)\operatorname{sen}\gamma + \frac{1}{2}\cos + \frac{1}{4}\right]$$

$$M_L = \frac{RT}{2\pi}\left[\cos\gamma - (\pi-\gamma)\operatorname{sen}\gamma + \operatorname{sen}^2\gamma\cos\alpha + \frac{1}{2}\cos\alpha + \right.$$
$$\left. + \alpha\operatorname{sen}\alpha - \underbrace{\pi(\operatorname{sen}\alpha - \operatorname{sen}\gamma)}_{\alpha>\gamma}\right] = \frac{RT}{2\pi}\mu_1$$

Si c es la longitud del apoyo y L la distancia entre apoyos, la variación de esfuerzo cortante entre los extremos del apoyo será:

$$LP$$

siendo P el valor total de peso propio más carga de agua más sobrecarga, por unidad de longitud de tubería, con lo cual la variación de esfuerzo cortante por unidad de longitud sobre el apoyo será:

$$T = P\frac{L}{C}$$

y, por lo tanto, la expresión del momento ovalizante será:

$$M_{L_4} = R\,P\frac{L}{2c\pi}\mu_1 \qquad (11)$$

CAPÍTULO VII

CÁLCULO DE LAS FATIGAS DEBIDAS A LA OVALIZACIÓN DE LA TUBERÍA

Por ser los valores de M_L los momentos parciales por unidad de longitud de la tubería, en un punto cualquiera de la sección tendremos un momento flector total:

$$\Sigma M_L = \left(p\,l^2 + \frac{\Delta R^3}{2} + \frac{PRL}{2\pi c}\right)\mu_1 + Q\,R\,\mu_3 \qquad (12)$$

y llamando J al momento de inercia de la sección de la plancha por unidad de longitud e y a la distancia de la fibra neutra de la sección de la plancha a la fibra más alejada de la misma, tendremos:

$$\sigma_L \frac{y\,\Sigma M_L}{J} \qquad (12\text{ bis})$$

En el caso de existir refuerzos sobre los apoyos, la sección de la pared del tubo no será simétrica y tendremos dos valores distintos para y: $y1$ y $y2$, según tomemos la fibra más exterior de la pared de la tubería o la más interior, y las fatigas correspondientes serán:

$$\sigma_{L_1} = \frac{y_1\,\Sigma M_L}{J} \quad ; \quad \sigma_{J_2} = \frac{y_2\,\Sigma M_L}{J}$$

CAPÍTULO VIII

DETERMINACIÓN DE LAS DEFORMACIONES

La comprobación experimental de las fórmulas hasta aquí deducidas no puede hacerse por otro procedimiento que midiendo las deformaciones del tubo en ciertas condiciones de carga. Será, pues, necesario para efectuar ensayos tener determinadas fórmulas deducidas de las anteriores que determinen los incrementos de diámetro.

Supongamos (fig. 12) un elemento de sección de tubo de longitud $Rd\alpha$ y profundidad unidad que forma un ángulo α con la horizontal. Debido al momento M_L dicho elemento habrá girado un ángulo

$$\delta\alpha = \frac{M_L}{EJ} R\,d\alpha$$

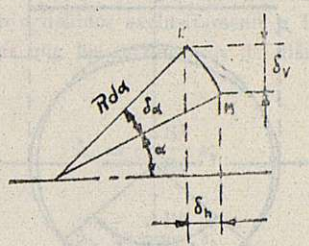


Fig 12

Suponiendo fijo el extremo L, el otro extremo habrá sufrido un desplazamiento $MN = R\,.\,d\alpha\,.\,\delta\alpha$ cuyas componentes vertical y horizontal serán, respectivamente:

$$\delta_v = MN\cos\alpha = \frac{M_L R^2}{EJ}\cos\alpha\,.\,d\alpha^2$$

$$\delta_h = MN\operatorname{sen}\alpha = \frac{M_L R^2}{EJ}\operatorname{sen}\alpha\,.\,d\alpha^2$$

Lo cual nos da por una doble integración:

$$\Delta_v = D_v - D = \frac{R^2}{EJ}\int_0^{\pi} M_L\operatorname{sen}\alpha\,.\,d\alpha$$

$$\Delta_h = D_h - D = \frac{2R^2}{EJ}\int_0^{\frac{\pi}{2}} M_L\cos\alpha\,.\,d\alpha \qquad (13)$$

Teniendo en cuenta que las deformaciones serán relativamente pequeñas respecto al diámetro, admitiremos que cada uno de los momentos parciales produce una deformación y que la deformación total es la suma de las deformaciones debidas a los momentos parciales.

La deformación más fácil de medir será la debida a la carga de agua, pues bastará medir los diámetros horizontal y vertical con el tubo vacío y después repetir la medición con el tubo lleno de agua; por lo tanto, es solamente esta deformación parcial la que he calculado según las fórmulas (13). Recordando que el momento debido a la carga de agua sin presión vale:

$$M_{L_2} = \frac{\Delta R^3}{2}\mu_1$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

tendremos:

$$\left.\begin{aligned}\Delta'_v &= \frac{\Delta R^5}{2EJ}\int_0^{\pi} \mu_1 \operatorname{sen}\alpha\, d\alpha = \frac{\Delta R^5}{2EJ}\varepsilon_v \\ \Delta'_h &= \frac{\Delta R^5}{EJ}\int_0^{\frac{\pi}{2}} \mu_1 \cos\alpha\, d\alpha = \frac{\Delta R^5}{EJ}\varepsilon_h\end{aligned}\right\}$$ siendo ϵ_v y ϵ_h funciones de γ.

Ahora bien, la variación de esfuerzo cortante por unidad de longitud sobre el apoyo en el caso de tubería vacía es:

$$T_1 = \pi\, Dp\, \frac{L}{C}$$

y en el caso de tubería llena:

$$T_2 = (\pi\, Dp + \Delta\, \pi\, R^2)\, \frac{L}{C}$$

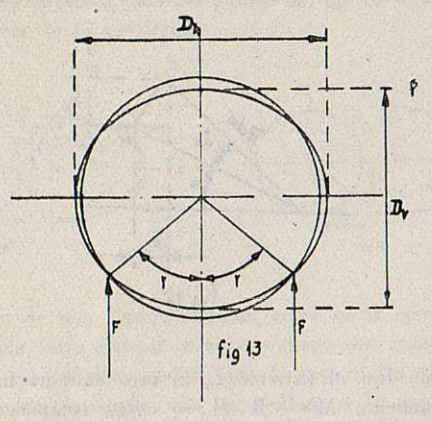


fig 13

luego habrá un incremento de variación de esfuerzo cortante, lo cual se traducirá en un incremento de deformaciones, cuyo valor será:

$$\Delta''_v = \frac{R^2}{EJ}\cdot\frac{R(T_2 - T_1)}{2\pi}\varepsilon_v = \frac{R^5\Delta}{2EJ}\cdot\frac{L}{C}\varepsilon_v$$

$$\Delta''_h = \frac{2R^2}{EJ}\cdot\frac{R(T_2 - T_1)}{2\pi}\varepsilon_v = \frac{R^5\Delta}{EJ}\cdot\frac{L}{C}\cdot\varepsilon_h$$

en resumen, las deformaciones debidas al llenado de agua serán:

$$\left.\begin{aligned}\Delta_v &= \Delta'_v + \Delta''_v = \frac{R^5\Delta}{2EJ}\left[1 + \frac{L}{C}\right]\varepsilon_v \\ \Delta_h &= \Delta'_h + \Delta''_h = \frac{R^5\Delta}{EJ}\left[1 + \frac{L}{C}\right]\varepsilon_h\end{aligned}\right\} \qquad (14)$$

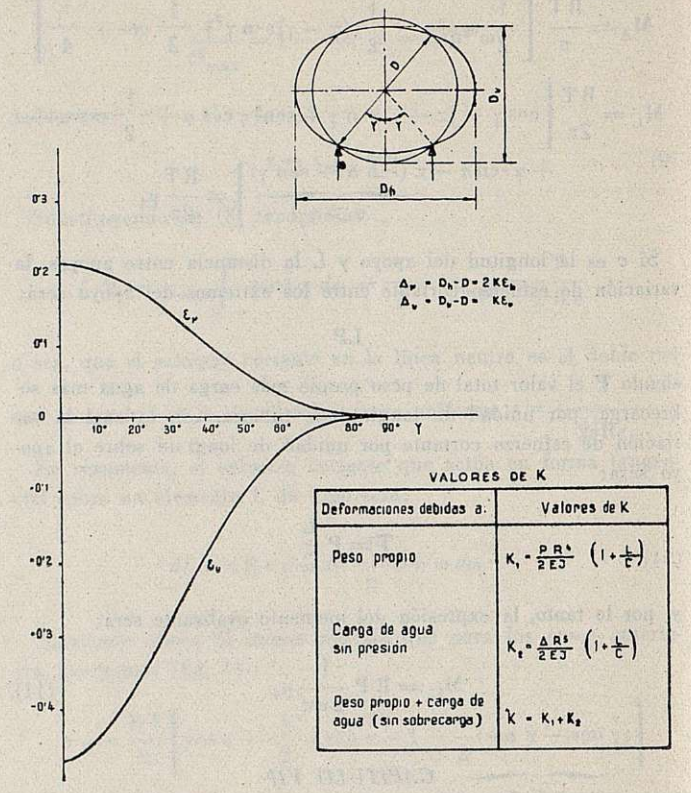
Efectuadas las integraciones de las ecuaciones (13) se llega a los siguientes valores:

$$\left.\begin{aligned}\varepsilon_v &= 2c\,s\gamma - (\pi - 2\gamma)\operatorname{sen}\gamma + \frac{\pi}{2}\operatorname{sen}\gamma\cos\gamma + \frac{\pi\gamma}{2} - \frac{\pi^2}{2} \\ \varepsilon_h &= \cos\gamma + \operatorname{sen}\gamma - \frac{\pi}{2}\operatorname{sen}^2\gamma - \frac{\pi}{4}\end{aligned}\right\} \qquad (15)$$

En el gráfico núm. 3 se representan los valores ϵ_v y ϵ_h, a los que llamaré *deformaciones reducidas.*

Gráfico núm. 3.

DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DE DIÁMETRO VERTICAL Y HORIZONTAL



VALORES DE K

Deformaciones debidas a:	Valores de K
Peso propio	$K_1 = \frac{P R^3}{2EJ}\left(1 + \frac{L}{C}\right)$
Carga de agua sin presión	$K_2 = \frac{\Delta R^5}{2EJ}\left(1 + \frac{L}{C}\right)$
Peso propio + carga de agua (sin sobrecarga)	$K = K_1 + K_2$

Obsérvese que los valores ϵ_v son negativos, lo cual indica que el diámetro vertical se contrae, mientras que el horizontal se dilata (ϵ_h positivo) y ambos tienden a O para $\gamma = 90^o$, lo que indica que en este caso de apoyo la ovalización de la tubería se efectúa según la fig. 14.

Los desplazamientos de un punto cualquiera de la sección determinada por la abscisa angular α pueden hallarse por las fórmulas

$$\Delta_{v_\alpha} = \frac{R^2}{EJ}\int_0^{\alpha} M_L \operatorname{sen}\omega\, d\omega; \qquad \Delta_{h_\alpha} = \frac{R^2}{EJ}\int_0^{\alpha} M_L \cos\omega\, d\omega$$

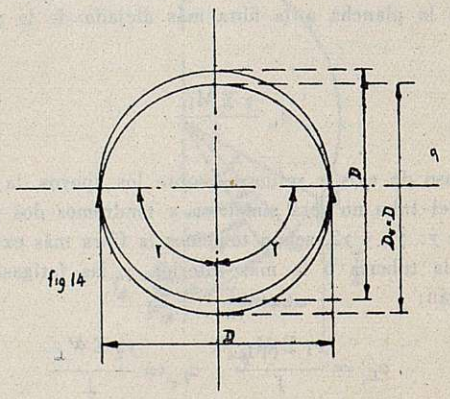


fig 14

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

cuyo desarrollo debe hacerse para un determinado valor de γ y permite para cada caso particular dibujar la sección del tubo deformado.

CAPÍTULO IX

OVALIZACIÓN EN LOS TRAMOS

Si consideramos una sección en el tramo sin apoyo (fig. 15), el conjunto de fuerzas que actúan sobre cada elemento de plancha $Rd\omega$ vendrá equilibrado por la reacción de la otra cara de la sección, reacción que por razón de simetría será vertical y pasará por el centro del tubo.

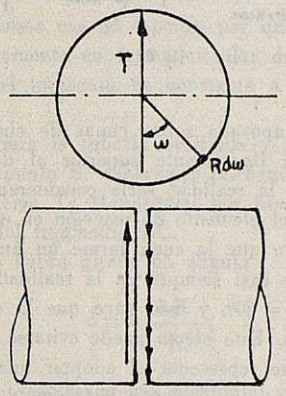


fig 15

El cálculo será, pues, como si el tubo estuviera apoyado por la generatriz inferior y serán válidas las mismas fórmulas calculadas haciendo $\gamma = 0$, sea cualquiera la clase de apoyo de la tubería.

Según estas consideraciones tendremos:

$$\mu'_1 = \frac{1}{2}\cos\alpha - (\pi - \alpha)\,\mathrm{sen}\,\alpha + I$$

$$\mu'_3 = \frac{1}{2\pi}\left[I - \frac{3}{4}\cos\beta + \frac{1}{2}(n-\beta)\,\mathrm{sen}\,\beta + \frac{\pi-\beta}{4\,\mathrm{sen}\,\beta} - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{3}\,\mathrm{sen}^2\beta\cos\alpha - \pi\,\mathrm{sen}\,\alpha - \frac{\pi}{2\,\mathrm{sen}\,\beta}\underbrace{(\mathrm{sen}\,\alpha - \mathrm{sen}\,\beta)^2}_{\alpha>\beta}\right]$$

Estos valores se hallan representados en los gráficos núm. 1 y núm. 2 (curvas $\gamma = 0^o$).

Si consideramos el diagrama de esfuerzos cortantes a lo largo de la tubería vemos que la variación de esfuerzo cortante en los tramos es de signo contrario a la variación de esfuerzo cortante en los apoyos, luego el valor de T será entre apoyos

$$T = P$$

y los momentos serán de signo contrario que los calculados para el apoyo; luego tendremos en los tramos:

$$M_L = \left[p\,R^2 + \frac{\Delta R^3}{2} - \frac{R\,P}{2\pi}\right]\mu'_1 + QR\,\mu'_3 \qquad (16)$$

Debido a la continuación de la constante, estos momentos en los tramos son, en general, sensiblemente menores que los calculados para los apoyos.

Este punto es importante puesto que, si se construye una tubería con chapa apropiada para resistir la ovalización en los tramos sin apoyo, habrá que reforzar con anillos u otro medio cualquiera la zona de los apoyos, a fin de que no se produzcan deformaciones permanentes debido a la mayor acción ovalizante sobre el apoyo.

Deformaciones en los tramos.

Por ser las «deformaciones reducidas» funciones exclusivas de γ, su valor para los tramos, haciendo $\gamma = 0$ será:

$$\varepsilon'_v = -0{,}4674 \qquad \varepsilon'_h = +0{,}2146$$

Análogamente a como se han calculado los incrementos de diámetro sobre el apoyo debidos exclusivamente a la carga de agua, podremos establecer que los incrementos de diámetro en los tramos serán:

$$\Delta'_v = \frac{\Delta R^5}{2EI}\varepsilon'_v$$

$$\Delta'_h = \frac{\Delta R^5}{EJ}\varepsilon'_h$$

$$\Delta''_v = \frac{R^2}{EJ}\cdot\frac{(R\,T_2 - T_1)}{2\pi}\cdot\varepsilon'_v$$

$$\Delta''_h = \frac{2\,R^2}{EJ}\cdot\frac{R\,(T_2 - T_1)}{2\pi}\cdot\varepsilon'_h$$

$$\left.\begin{aligned} T_2 &= 2\pi R p + \pi R^2\Delta \\ T_1 &= 2\pi R p \end{aligned}\right\} \quad T_2 - T_1 = \pi R^2\Delta$$

y, teniendo en cuenta que entre apoyos los momentos ovalizantes debidos a la variación de esfuerzo cortante son de signo contrario a los producidos por las cargas, tendremos

$$\left.\begin{aligned} \Delta_v &= \Delta'_v - \Delta''_v = 0 \\ \Delta_h &= \Delta'_h - \Delta''_h = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (17)$$

Lo cual indica que teóricamente los diámetros no deberían variar al llenar de agua la tubería. Veremos más adelante que esto no ocurre así, sino que existe una pequeña variación debido a que la sección entre apoyos no está desligada de la sección apoyada y que, por tanto, las deformaciones del tubo sobre los apoyos se transmiten en parte a los tramos; al mismo tiempo que la tendencia de las secciones sin apoyo a no variar de diámetro hacen que las deformaciones sobre los apoyos sean menores que las calculadas.

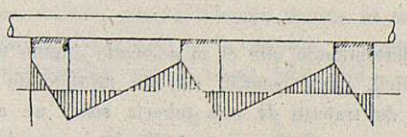


Fig. 16

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CAPITULO X

CASO DE APOYO SOBRE CUNA

Supongamos una tubería apoyada sobre una cuna de chapa de acero (fig. 17). Hasta un determinado valor del ángulo γ al ovalizarse la tubería tomará la forma indicada en la fig. 18, con lo que queda el caso reducido a un apoyo por dos puntos con reacciones inclinadas. El proceso para resolver este caso ya se ha indicado en nota precedente, pero, debido a que en el punto B

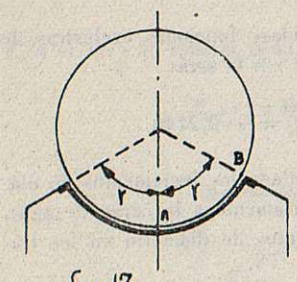


fig 17

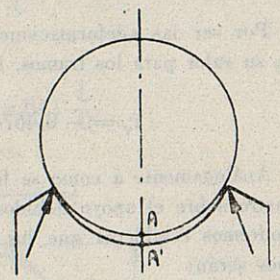


fig 18

no existe propiamente articulación, sino solamente un apoyo, es evidente que el ángulo que forme la reacción con la normal al tubo en el punto B no podrá ser mayor que el ángulo de rozamiento entre el tubo y el canto de la cuna, pues en caso contrario el tubo se deslizaría lateralmente, restableciéndose (teóricamente) el equilibrio cuando el ángulo mencionado igualara al ángulo de rozamiento en movimiento entre tubería y canto de la cuna. No hace falta decir que la determinación de tal ángulo no puede hacerse con la más mínima precisión y que el mismo puede variar grandemente con el estado de las superficies (oxidación, pintura, humedad, etc.). El caso resulta, pues, bastante indeterminado. Todavía lo es más si el ángulo γ alcanza un valor tal que el apoyo se efectúe, además de por los cantos, por una zona central (ángulo ϵ, fig. 19). Entonces la magnitud y dirección de las reacciones depende del ángulo que, prácticamente, es toda-

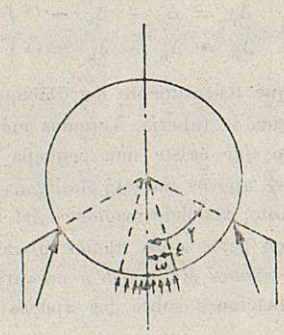


Fig. 19

vía más indeterminado que el mencionado ángulo de rozamiento. Es muy difícil, pues, conocer con un mínimo de exactitud las condiciones de trabajo de una tubería sobre un apoyo de este tipo. Lo que se puede hacer para disminuir esta indeterminación es dar a la cuna un radio de curvatura ligeramente superior al de la tubería; de esta forma, al dejar el tubo sobre la cuna, se apoya solamente por su generatriz inferior, pero al producirse la ovalización se adapta a la cuna, apoyándose en toda su superficie. El modo de repartirse la reacción puede entonces considerarse bajo diferentes hipótesis. Mr. Lazard («Le Génie Civil» 23 de septiembre de 1933) considera las tres hipótesis de reacciones indicadas en la fig. 20.

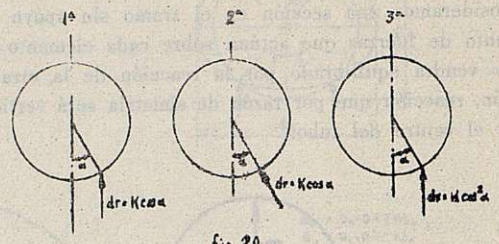


fig 20

En una tubería apoyada sobre cunas de chapa engrasadas de radio de curvatura ligeramente superior al del tubo, creo que lo más ajustado a la realidad sería considerar la segunda hipótesis. No obstante el elemento de reacción en el canto de la cuna no es nulo, siempre que la cuna forme un ángulo γ menor que 90°, lo cual ocurre casi siempre en la realidad, pues lo más corriente es hacer $\gamma = 60°$, y esto hace que la cuna tienda a clavarse en la tubería. Este efecto puede evitarse huyendo así de la indeterminación que representa el adoptar una ley que anule el elemento de reacción en el punto B (canto de la cuna), lo cual puede lograrse dando a la cuna un incremento de radio tal que el desplazamiento del punto B respecto al círculo primitivo sea igual al desplazamiento del mismo punto, considerado como del tubo, después de la ovalización, adaptándose la tubería a la cuna.

Bajo esta hipótesis, que puede realizarse en la práctica, podemos hacer las siguientes consideraciones:

Supongamos que AL es la tubería antes de toda deformación con un radio R y que AL′ es la cuna con un radio $R + \delta R$. Los arcos AL y AL′ se toman de la misma longitud de forma que al adaptarse la tubería a la cuna el punto L caerá sobre el L′ y la sección transversal de la plancha en L habrá girado un ángulo $\delta\alpha$. A partir de la igualdad de los arcos AL = AL′ podremos escribir:

$$(\alpha + \delta\alpha)\,R = \alpha\,(R + \delta R);\ \delta\alpha = \frac{\delta R}{R}\,\alpha \qquad \text{(Fig. 21)} \qquad (18)$$

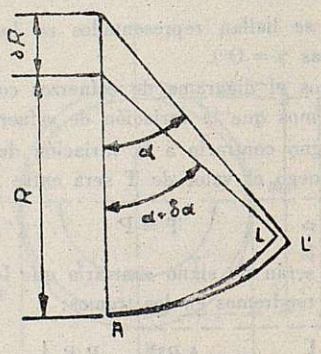


Fig. 21

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Si llamamos M al momento ovalizante total en la sección L del tubo tendremos:

$$\delta\alpha = \frac{\delta R}{R}\alpha = \int_0^\alpha \frac{M}{EJ} R\,\delta\alpha$$

o sea

$$\int_0^\alpha M\,\delta\alpha = \frac{EJ\,\delta R}{R^2}\alpha$$

y puesto que esta fórmula es válida para cualquier valor de α podré escribir:

$$M = \frac{EJ\,\delta R}{R^2} \qquad (19)$$

Obsérvese que, como era de esperar, por quedar la tubería sobre el apoyo nuevamente en forma circular después de la ovalización, el valor del momento es constante a todo lo largo del apoyo.

Si suponemos ahora la tubería ovalizada y adaptada al apoyo, y cortamos por el punto B, deberemos introducir un momento externo M y una fuerza T_B (tangencial por hipótesis) para mantener el equilibrio del fragmento BC.

La sección en B habrá girado un ángulo

$$\delta\gamma = \frac{\delta R}{R}\gamma \qquad (20$$

y habrá tenido un desplazamiento horizontal determinado por la fórmula

$$h = \int_0^r \frac{R^2}{EJ} M\cos\alpha\, d\alpha = \frac{R^2 M}{EJ}\operatorname{sen}\gamma$$

y substituyendo el valor de M tendremos:

$$h = \delta R \operatorname{sen}\gamma \qquad (21$$

Si consideramos ahora un punto cualquiera L de la sección de la tubería y llamamos M_L al momento ovalizante correspondiente a este punto tendremos

$$M_L = \frac{EJ\,\delta R}{R^2} + R\,T_B\left[1 - \cos(\alpha - \gamma)\right] + m_L \qquad (22)$$

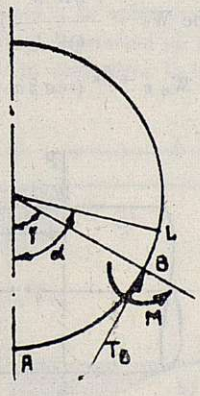


Fig. 22

siendo m_L el momento de las fuerzas actuando entre B y L, cuyo valor es

$$m_L = p R^2\left[-\cos\gamma + \cos\alpha - \gamma\operatorname{sen}\gamma + \alpha\operatorname{sen}\alpha\right]$$
$$+ \Delta R^3\left[1 - \cos\alpha\left(\cos\gamma - \frac{1}{2}\operatorname{sen}^2\alpha\right) - \operatorname{sen}\alpha\left(\operatorname{sen}\gamma + \right.\right.$$
$$\left.\left. + \frac{1}{2}\gamma + \frac{1}{2}\operatorname{sen}\gamma\cos\gamma\right) + \frac{1}{2}\alpha\operatorname{sen}\alpha\right]$$
$$+ \frac{T R}{\pi}\left[-\cos\gamma + \cos\alpha\left(1 - \frac{1}{2}\operatorname{sen}^2\gamma\right) - \frac{1}{2}\operatorname{sen}\alpha\left(\gamma - \right.\right.$$
$$\left.\left. - \operatorname{sen}\gamma\cos\gamma\right) + \frac{1}{2}\alpha\operatorname{sen}\alpha\right] \qquad (23)$$

y teniendo en cuenta que la variación angular entre B y C es igual y de signo contrario a la que se ha efectuado entre A y B y lo mismo sucede con el desplazamiento horizontal, podré escribir:

$$-\frac{\delta R}{R}\gamma = \frac{R}{EJ}\int_\gamma^\pi M_L\,\delta\alpha\,;\quad \int_\gamma^\pi M_L\,\delta\alpha = -\frac{EJ\,\gamma\,\delta R}{R^2} = -\gamma M$$

$$-\delta R\operatorname{sen}\gamma = \frac{R^2}{EJ}\int_\gamma^\pi M_L\cos\alpha\,\delta\alpha\,;$$
$$\int_\gamma^\pi M_L\cos\alpha\,\delta\alpha = -\frac{EJ\,\delta R}{R^2}\operatorname{sen}\gamma = -M\operatorname{sen}\gamma \qquad (24)$$

Estas dos ecuaciones permiten determinar el valor de δR y T_B en función de las cargas y de las dimensiones de la tubería y de los apoyos.

Una vez determinado el valor de δR queda fijado el de M que es el momento máximo a todo lo largo de la sección de la tubería y, por tanto, el que precisa calcular. Ahora bien, este momento produce en la pared del tubo una fatiga determinada por la fórmula:

$$\sigma = \frac{M}{Z} \qquad (25)$$

siendo z el módulo de sección de la unidad de longitud de la sección de la chapa. A continuación vamos a razonar qué valor máximo puede tener esta fatiga:

Si se calcula δR para que la tubería quede apoyada en todo el arco de la cuna cuando no exista presión de agua (caso más desfavorable para la ovalización), al existir la presión, la tubería tenderá a recobrar la forma circular, y la consecuencia será que el apoyo se efectuará bajo un semiarco menor que γ pero del mismo radio $R + \delta R$; por lo tanto, el momento sobre el apoyo continuará teniendo el mismo valor que cuando no hay presión; debemos, pues, admitir que la tracción debida al momento M y la tracción tangencial debida a la presión se suman y, por lo tanto, podremos escribir que la fatiga total será:

$$\sigma_t = \frac{M}{Z} + \frac{P_e R}{e} \qquad (26)$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

siendo P_s la presión de servicio (presión estática más el golpe de ariete normal) en el punto considerado. Este valor σ_t no debe sobrepasar la fatiga admisible del material. Además, en cada caso de ariete máximo deberá verificarse que:

$$\sigma_k > \frac{M}{Z} + \frac{P'R}{e} \qquad (27)$$

siendo P' la presión de máximo golpe de ariete (cierre instantáneo) y σ_K el valor del límite elástico del material (2.500 kg/cm² para el material de que normalmente se construyen las tuberías forzadas en España).

Si al calcular el valor de σ llegamos a una cifra excesiva, podemos escoger dos caminos:

1.º Aumentar el valor de Z, disponiendo chapas de mayor espesor o, mejor aún, disponiendo refuerzos anulares sobre el apoyo o muy próximos al mismo.

2.º Disminuir el valor de M, lo cual puede lograrse reduciendo la distancia entre apoyos o aumentando la longitud del apoyo o el arco que abraza el mismo.

Obsérvese, y esto es muy importante, que en toda la marcha del cálculo no he hecho otra hipótesis sobre la distribución de la reacción en el apoyo que la de que esta reacción se anule en el punto B extremo de la cuna, lo cual se cumplirá realmente siempre que se de a δR el valor calculado, puesto que éste lo ha sido partiendo del hecho de que la deformación del tubo conduzca a la forma de la cuna.

Si se quiere determinar en qué forma se reparte la reacción, puede hacerse de la manera siguiente:

Tomando momentos respecto al punto A (fig. 23) tendremos, suponiendo dF normal al tubo por efecto del engrose:

$$R\,T_B\,(1 - \cos\gamma) + M = \int_0^{\gamma} R\,\varphi(\alpha)\,\text{sen}\,\alpha\,\delta\,\alpha$$

de donde puede deducirse la forma de $\varphi(\alpha)$, teniendo en cuenta que $\varphi(\gamma) = 0$ y que $\varphi(\alpha)$ debe tener la misma forma para cualquier valor de α.

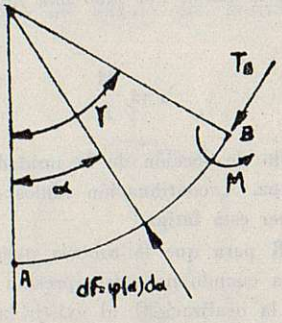


Fig. 23

Esta determinación no puede interesar en la práctica más que si la presión media específica entre apoyo y tubería alcanzan un valor excesivo, en cuyo caso es aconsejable aumentar las dimensiones del apoyo.

Este método de cálculo que propongo en el presente trabajo para los apoyos de tuberías forzadas sobre cunas es, desde luego, laborioso, pero creo que puede dar una orientación sobre el dimensionado y que será muy útil para el proyecto de tuberías, especialmente en su parte alta (espesores mínimos), en diámetros superiores a los dos metros y pendientes reducidas.

CAPÍTULO XI

INFLUENCIA DE LOS TRAMOS LIBRES SOBRE LAS DEFORMACIONES Y MOMENTOS OVALIZANTES EN LOS APOYOS

Como he dicho anteriormente, la ovalización en los tramos libres es independiente de la clase de apoyo, y siempre menor que sobre éstos. Hasta ahora hemos considerado las secciones sobre el apoyo completamente desligadas de los tramos libres y, a pesar de esto, el desarrollo matemático del cálculo es bastante complicado y hay que hacer una serie de hipótesis simplificadoras para que no lo sea mucho más todavía. Desde el momento que suponemos ligadas las secciones apoyadas con los tramos libres, entonces el planteamiento y resolución de las ecuaciones se convierte en algo verdaderamente inextrincable. No obstante, en la realidad no ocurre esta discontinuidad, y todas las secciones del tubo están ligadas entre sí de modo que resulta que las deformaciones calculadas para los apoyos, en realidad son menores, y las calculadas para los tramos, son mayores.

El profesor Stephen Timoshenko en un libro, «Teoría de placas planas y curvas» (Editorial ACME AGENCY, Buenos Aires, 1947, pág. 416), ha estudiado con todo detalle la deformación de tubos sometidos en una sección determinada a una acción uniformemente distribuída sobre toda su circunferencia. Desde luego, éste no es el caso que ocurre en las tuberías forzadas sobre apoyos espaciados, pero creo que el referido estudio puede darnos una orientación del *orden de magnitud* de la influencia de unas secciones sobre otras.

Supongamos (fig. 24) una tubería circular, y que en una sección transversal O se ejerce una acción P uniformemente distruída por toda la sección. Timoshenko da para el valor de la deformación (W) a una distancia α de la sección cargada el valor siguiente:

$$W = \frac{R^2 P \beta}{2 E \eta}\, e^{-\beta x}\,(\text{sen}\,\beta x + \cos\beta x)$$

para $x = 0$ se obtiene $W_0 = \dfrac{PR^2\beta}{QE\,h}$ luego:

$$W = W_0\, e^{-\beta x}\,(\text{sen}\,\beta x + \cos\beta x) \qquad (28)$$

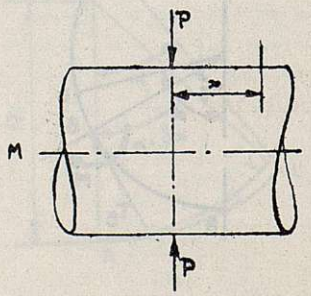


Fig. 24

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

en la cual W_o es la deformación en la sección cargada, y β una constante dependiente de las dimensiones de la tubería, cuyo valor dado también por Timoshenko es el siguiente:

$$\beta = \frac{\sqrt[4]{3\left[1-\left(\frac{1}{M}\right)^2\right]}}{\sqrt{R\,h}} \qquad (29)$$

en la cual h es el espesor de la chapa y $\frac{1}{n}$ el coeficiente de Poisson (puede tomarse $\frac{1}{n} = 0{,}3$).

Representada gráficamente la función (28) tiene la forma que se indica en la fig. 25, y en la práctica puede considerarse que las deformaciones son ya despreciables para $x \geqslant \frac{\pi}{\beta}$.

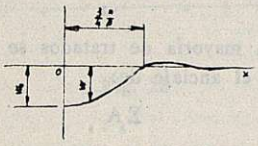


Fig. 25

Hemos visto en el capítulo VIII que en el llenado de la tubería el diámetro vertical sobre los apoyos se contrae, mientras que en el horizontal se dilata, y en el capítulo IX se ha demostrado que estos dos diámetros permanecen constantes (fórmula 17) para los tramos libres. Creo que no estará muy lejos de la realidad el considerar que estas deformaciones sobre el apoyo influyen sobre los tramos según la fórmula (28). De esta consideración se deduce ya inmediatamente que si la longitud entre apoyos es mayor que $\frac{2\pi}{\beta}$, en el centro del tramo existirá una zona de longitud $L - \frac{2\pi}{\beta}$ sobre la cual no tienen influencia práctica alguna las deformaciones sobre los apoyos.

Supongamos ahora que sobre el apoyo de longitud C se produce una deformación W_o del diámetro vertical u horizontal (figura 26 a), pero que, debido a la unión con el tramo libre la deformación real es la que se representa en la (fig. 26 b). Si admitimos que en una sección cualquiera la deformación es proporcional a la acción que la produce (lo cual es lógico por ser las deformaciones muy pequeñas), el trabajo de deformación en el caso *a*), contado desde el eje del apoyo al extremo del mismo, será:

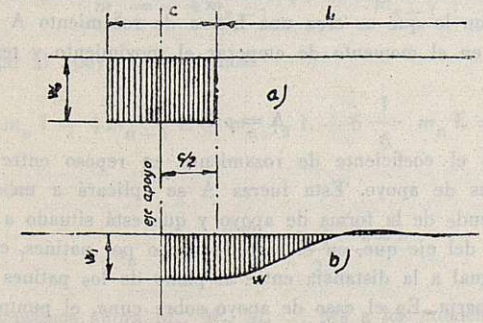


Fig. 26

$$T = \frac{1}{2}\,\frac{c}{2}\,K\,W_o \cdot W_o = \frac{1}{2}\,K\,\frac{W_o^2}{2}\,c$$

siendo KW_o la acción que actúa sobre la unidad de longitud. En el caso *b*) el trabajo de deformación sería:

$$T' = \frac{1}{2}\,K\,W_1^2\,\frac{c}{2} + \frac{1}{2}\int_o^\infty W_1\,K\,W\,dx$$

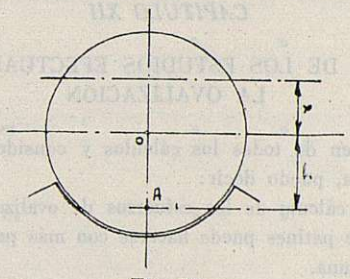


Fig. 27

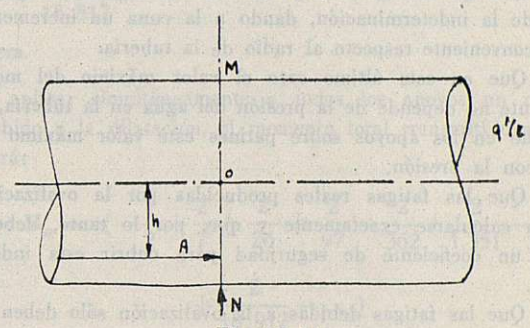


Fig. 27 bis

y substituyendo el valor de W dado por la fórmula 28, tendremos:

$$T' = \frac{1}{2}\,K\,W_1^2\left[\frac{c}{2} + \int_o^\infty e^{-2\beta x}\,(\operatorname{sen}\beta x + \cos\beta x)^2\,dx\right]$$

Igualando ahora los trabajos en el caso *a*) y en el caso *b*) tendremos:

$$W_1 = W_o\sqrt{\frac{\frac{c}{2}}{\frac{c}{2} + \int_o^\infty e^{-2\beta x}\,(\operatorname{sen}\beta x + \cos\beta x)^2\,dx}}$$

y resolviendo la integral del denominador llegamos a la fórmula:

$$W_1 = W_o\sqrt{\frac{2c\beta}{2c\beta + 3}} \qquad (30)$$

Teniendo en cuenta que β tiene por dimensiones L^{-1} la raíz de la fórmula 30, resulta un número abstracto independiente de las unidades de medida, que es función solamente de las dimensiones de la tubería.

Puesto que, como hemos visto, las deformaciones son propor-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

cionales a las cargas (capítulo VIII), podremos calcular la deformación real partiendo de unas cargas ficticias obtenidas multiplicando las cargas reales por el valor:

$$\sqrt{\frac{2c\beta}{2c\beta+3}}$$

con lo cual los momentos ovalizantes quedarán reducidos en la misma proporción.

Repito una vez más que este cálculo no se ajusta exactamente a la realidad y que, por lo tanto, sólo puede tomarse como una aproximación para orientarnos sobre el orden de magnitud de las deformaciones y momento ovalizante reales sobre los apoyos.

CAPÍTULO XII

RESUMEN DE LOS ESTUDIOS EFECTUADOS SOBRE LA OVALIZACIÓN

Como resumen de todos los cálculos y consideraciones expuestos hasta ahora, puedo decir:

1.º Que el cálculo de los esfuerzos de ovalización en el caso de apoyo sobre patines puede hacerse con más precisión que para apoyos sobre cuna.

2.º Que en los apoyos de cuna puede eliminarse una gran parte de la indeterminación, dando a la cuna un incremento de radio conveniente respecto al radio de la tubería.

3.º Que en este último caso el valor máximo del momento ovalizante no depende de la presión del agua en la tubería, mientras que en los apoyos sobre patines este valor máximo disminuye con la presión.

4.º Que las fatigas reales producidas por la ovalización no pueden calcularse exactamente y que, por lo tanto, deberá tomarse un coeficiente de seguridad para cubrir esta indeterminación.

5.º Que las fatigas debidas a la ovalización sólo deben tenerse en cuenta para tuberías de gran diámetro y poco espesor (parte alta de las tuberías forzadas).

En el resumen final de este trabajo daré una serie de cifras que ponen de manifiesto la importancia de los factores estudiados.

CAPÍTULO XIII

LA DILATACIÓN TÉRMICA DE UNA TUBERÍA FORZADA

Entre dos macizos de anclaje o puntos fijos de una tubería forzada, es lo más corriente disponer de una junta de dilatación en las inmediaciones del macizo superior, a fin de permitir la libre dilatación de la tubería por los cambios de la temperatura ambiente, cambios que pueden alcanzar valores notables (hasta 50º centígrados) en las regiones de alta montaña. Esta disposición implica que, al dilatarse la tubería, existe una fuerza de rozamiento sobre cada uno de los apoyos del tramo que se opone al movimiento; el conjunto de todas estas fuerzas debe ser contrarrestado por la reacción del macizo de anclaje inferior. Hasta aquí no se presenta dificultad alguna, pero, al establecer el valor de esta reacción, existe cierta confusión en los textos más autorizados que tratan de construcciones hidráulicas, pues, mientras la mayoría de ellos consideran la reacción del macizo como simplemente igual a la suma de las fuerzas de rozamiento sobre cada uno de los apoyos intermedios, el tratado de Arquitectura Hidráulica de A. Schoklitsch (tomo II, pág. 313, ed. G. Gili, 1935), por ejemplo, hace la siguiente consideración (fig. 28).

La fuerza de rozamiento viene aplicada en un punto tal como el A, que depende del apoyo, pero que no coincide con el eje del tubo O más que en el caso de que el apoyo se haga por patines bajo un ángulo $\gamma = 90º$, caso poco corriente, lo cual produce en la sección una compresión excéntrica cuyo eje neutro está situado a una distancia x del eje de la tubería. En el momento de empezar el desplazamiento de la sección del tubo giraría alrededor do a una distancia x del eje de la tubería. En el momento de (aplicada al punto O) el valor de esta reacción será:

$$F_\gamma = A\,\frac{x+h}{x}$$

siendo A el valor de la fuerza de rozamiento.

El razonamiento de Schoklitsch conduce, pues, a considerar sobre el anclaje una reacción:

$$\Sigma A\,\frac{x+h}{x}$$

mientras que en la mayoría de tratados se considera solamente una reacción sobre el anclaje de:

$$\Sigma A$$

Como que en general x resulta menor que h, la relación resulta mayor que 2, o sea que, siguiendo a Schoklitsch, deberíamos aplicar al anclaje durante la dilatación un esfuerzo de magnitud superior al doble de lo que se aplica en otros tratados de construcciones hidráulicas. Esto, que tendría poca importancia en tramos cortos y de mucha pendiente, adquiere un valor muy apreciable cuando se trata de tuberías de gran diámetro con tramos largos y poco inclinados. El criterio seguido por Schoklitsch nos conduciría a construir en estos casos macizos de anclaje de dimensiones bastante mayores de los que resultarían aplicando los criterios de otros tratados de construcciones hidráulicas.

En este capítulo intentaré fijar un poco las ideas, considerando más a fondo lo que pasa al dilatarse una tubería forzada.

En realidad, creo que ninguno de los dos criterios expuestos hasta ahora se ajusta exactamente al valor real de la reacción.

Examinaré primero un apoyo aislado, y después el conjunto del tramo considerado como viga continua, para ver cómo se transmite el efecto de la dilatación hasta el macizo de anclaje inferior. Supongamos un apoyo cualquiera que, para mayor claridad en los razonamientos, concentraré en una sección de la tubería NM. El peso de la tubería llena de agua y con la sobrecarga que se considere para el cálculo, provoca en este apoyo una reacción normal N. Si la tubería se dilata tenderá a deslizarse sobre el apoyo, con lo que se crea una fuerza de rozamiento A que será máxima en el momento de empezar el movimiento y tendrá por valor:

$$A = \rho\, N$$

siendo ρ el coeficiente de rozamiento en reposo entre las dos superficies de apoyo. Esta fuerza A se aplicará a un punto G que depende de la forma de apoyo y que está situado a una distancia h del eje que, en el caso de apoyo por patines, es exactamente igual a la distancia entre el plano de los patines y el eje de la tubería. En el caso de apoyo sobre cuna, el punto G sería el punto de aplicación de la resultante de todos los elementos

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

de reacción a lo largo de la cuna, lo cual es difícil de determinar; en general, se toma el punto G coincidente con el *c d g* del arco de apoyo, lo cual supone una distribución uniforme de la reacción por toda la cuna, suposición que no es real y que da un valor de *h* menor que el verdadero, como puede deducirse de lo tratado en el capítulo X; no obstante, la variación no es muy grande y se compensa adoptando un valor elevado del coeficiente de rozamiento.

Ahora bien, el equilibrio no variará en absoluto si se traslada la fuerza A al punto O y se introduce un momento flector:

$$m = \rho N h$$

Hasta aquí las consideraciones sobre un apoyo aislado. Si suponemos ahora un conjunto de *m* apoyos numerados a partir del anclaje inferior (fig. 28) y que sobre el apoyo *n* se produce un momento flector m_n debido a la dilatación, este momento se irá transmitiendo a lo largo de la tubería hasta el anclaje inferior (se considera la tubería empotrada en el macizo de anclaje) y llamemos m_n, m_{n-1}, m_{n-2} ... m_2, m, M el valor del momento transmitido sobre cada uno de los apoyos. Si considero que el momento de inercia de la sección de la tubería no varía entre el macizo y el apoyo *n* (lo cual justificaré más adelante), podré escribir por aplicación reiterada de la ecuación de Clapeyron partiendo del macizo inferior:

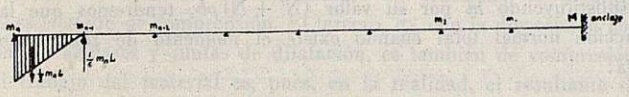


Fig. 28

$m_1 = -2\,M$; $\quad m_2 + 4\,m_1 + M = O$; $\quad m_2 = -4\,m_1 - M = 8\,M - M = 7\,M$

$m_2 = 7\,M$; $\quad m_3 + 4\,m_2 + m_1 = O$; $\quad m_3 = -4\,m_2 - m_1 = 26\,M$

$m_3 = -26\,M$

$m_4 = 97\,M$

$m_5 = -362\,M$

$m_6 = 1.351\,M$

$m_7 = -5.042\,M$

$m_8 = 18.817$

ley de promoción:

$$m_x = -4\,m_{x-1} \qquad m_{x-1}$$

Al llegar al apoyo *n* tendremos:

$$m_n L + 4\,m_{n-1} L + m_{n-2} L + 6\,\frac{1}{6}\,m_n L = O$$

de donde:

$$m_n = -\frac{4\,m_{n-1} + m_{n-2}}{2} \qquad (31)$$

Si llamamos ahora M_1, M_2, M_3 ... M_n a los momentos que se transmiten al anclaje por aplicación de un mismo momento *m* sobre los apoyos 1, 2, 3, 4 ... *n*, respectivamente, tendremos:

$M_1 = \frac{1}{2}\,m$ (en este caso desaparece toda noción de viga continua)

$M_2 = +\frac{2}{7}\,m$ (por aplicación de la ecuación 31)

$M_3 = -\frac{2}{26}\,m$ » » »

$M_4 = +\frac{2}{97}\,m$ » » »

$M_5 = -\frac{2}{362}\,m$ » » »

$M_6 = +\frac{2}{1.351}\,m$ » » »

$M_7 = \frac{2}{5.042}\,m$ » » »

$M_8 = +\frac{2}{18.817}\,m$ » » »

etcétera.

Al aplicar simultáneamente a todos los apoyos un momento *m* debido a la dilatación, el momento total transmitido al anclaje será:

$$M_t = M_n = n\left(-\frac{1}{2} + \frac{2}{7} + \frac{2}{26} + \frac{2}{97} - \frac{2}{362} + \frac{2}{1.351} - \frac{2}{5.042} + \frac{2}{18.917} - \ldots\right)$$

Vemos, pues, que a partir del término 6.º, los términos de la serie son despreciables, por tanto, y que la limitan a sus 6 primeros términos, tendremos:

$$M_t = -0{,}275\,m \qquad (32)$$

Esta fórmula nos determina de qué forma se transmiten los momentos de rozamiento sobre los apoyos al anclaje. Obsérvese que, a partir del 4.º término, el momento transmitido es muy pequeño, y que son los cuatro primeros los que más influyen. Ahora bien, en la práctica, el espesor de la tubería puede variar muy poco entre cuatro apoyos consecutivos, sobre todo si el tramo es de poca pendiente; en consecuencia, este hecho me justifica el haber supuesto un momento de inercia uniforme para la aplicación reiterada de la ecuación de Clapeyron.

Vamos ahora a determinar el valor de las fuerzas de rozamiento que, por haberlas trasladado al eje de la tubería introduciendo los correspondientes momentos, se sumarán aritméticamente, siendo la reacción del anclaje correspondiente:

$$F\,\rho = \Sigma\,A$$

Ahora bien, cada una de las fuerzas A es igual a la realización normal multiplicada por el coeficiente de rozamiento, pero

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

esta reacción normal N es mayor que si no existiera el momento flector debido al rozamiento.

Supongamos (fig. 29) que la sección AA sobre un apoyo primitivamente vertical gira un ángulo β debido al momento m aplicado sobre ella en la dilatación. Si el apoyo inmediato no fuera fijo, el tubo tomaría la posición AB', pero como los apoyos

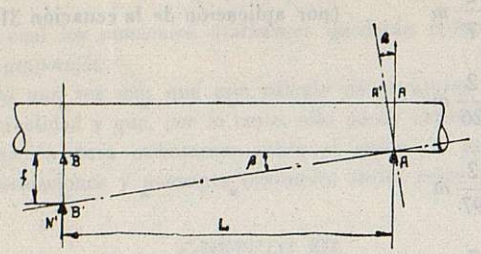


Fig. 29

se consideran fijos e indeformables, será necesario para llevar el tubo a la posición B, ejercer una fuerza N' que produzca la flecha F, y cuyo valor será:

$$N' = \frac{3\,EJf}{L^3} = \frac{3\,EJ\,\beta}{L^2} \qquad (33)$$

Este valor de N' es el incremento que sufre el esfuerzo normal, y para calcularlo bastará conocer el valor de β.

Si consideramos el diagrama de momentos y la línea elástica de la tubería entre dos apoyos debidos únicamente al rozamiento sobre los apoyos en la dilatación (fig. 30), podré escribir:

$$\beta = \frac{1}{EJ}\int_0^a m\,x\,dx$$

siendo a la distancia de un apoyo a un punto M tal, que la tangente a la elástica en aquel punto sea paralela al eje primitivo

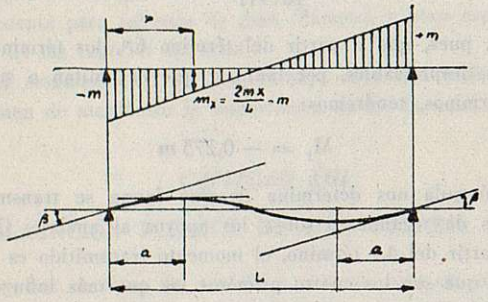


Fig. 30

de la tubería antes de la deformación. Para determinar la distancia a escribiré la ecuación de la elástica:

$$EJ\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{2\,mx}{L} - m$$

de donde se deduce, teniendo en cuenta que $y = 0$ para $x = 0$ y $x = L$,

$$Y = \frac{m}{3\,EJ\,L}x^3 - \frac{m}{2\,EJ}x^2 + \frac{m\,L}{6\,EJ}x$$

el valor de a será la abscisa correspondiente al máximo de esta función; para hallarlo, haremos:

$$\frac{d\,y}{d\,y} = \frac{m}{EJ\,L}x^2 - \frac{m}{EJ}x + \frac{m\,L}{6\,EJ} = 0$$

de donde:

$$x = a = L\left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2\sqrt{3}}\right] = 0{,}211\ L$$

Substituyendo en el valor de β tendremos:

$$\beta = \frac{1}{EJ}\int_0^{0{,}211\,L}\left(\frac{2\,mx}{L} - m\right)dx \approx \frac{m\,L}{6\,EJ}$$

Valor que, substituído en la fórmula (33), nos da:

$$N' = \frac{m}{2\,L} \qquad (34)$$

y substituyendo m por su valor $(N' + N)\,\rho h$, tendremos que la reacción normal total cuando existe el momento de rozamiento será:

$$N + N' = N\,\frac{2\,L}{2\,L - \rho\,h} \qquad (35)$$

Este valor en la práctica difiere poco de la reacción normal sin dilatación. Aplicando la fórmula (35) a la tubería fozada del Salto de Benós (Valle de Arán), actualmente en construcción, para la cual L = 8 m.; $\rho = 0{,}4$, $h = 0{,}7$ m., resulta:

$$N + N' = 1{,}018\,N$$

El incremento de reacción normal no llega, pues, al 2 %.

Si se tiene en cuenta que este valor máximo del esfuerzo de rozamiento no se produce simultáneamente en todos los apoyos del tramo, puedo afirmar que será más que suficiente considerar como reacción del apoyo a la dilatación la suma de fuerzas de rozamiento sobre todos los apoyos del tramo.

En resumen, al calcular la estabilidad del anclaje deberé tener en cuenta en la dilatación una fuerza axil igual a la suma de las fuerzas de rozamiento sobre todos los apoyos del tramo, y además un momento de vuelco, cuyo valor será:

$$M = -\,0{,}275\,\frac{2\,L}{2\,L - \rho\,h}\,N\,h\,\rho \qquad (36)$$

El signo menos indica que este momento deberá tomarse en sentido contrario a los momentos de rozamientos en los apoyos.

Para el cálculo de fatigas de la chapa se deberá tener en cuenta, además del momento flector sobre los apoyos debido a las cargas de la tubería, el momento de rozamiento que se sumará al anterior cuando exista dilatación o contracción.

CAPÍTULO XIV

LA PRUEBA HIDRÁULICA EN TALLER DE CONSTRUCCIÓN DE LAS TUBERÍAS FORZADAS

Sobre un punto cualquiera de la chapa de una tubería forzada actúan tres esfuerzos unitarios perpendiculares entre sí en las condiciones más desfavorables de funcionamiento normal:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

1.º σ_t = esfuerzo tangencial debido a la presión del agua, cuyo valor es:

$$\sigma_t = \frac{P_s\ R}{c}$$

2.º σ_r = esfuerzo radial debido asimismo a la presión del agua, cuyo valor es:

$$\sigma_r = P_s$$

3.º σ_e = esfuerzo longitudinal debido a los siguientes factores:

— Componente axil del peso de la tubería desde el punto considerado hasta la junta de dilatación inmediata superior.
— Fuerzas de rozamiento en los apoyos de dilatación.
— Presión en el canto de la junta de dilatación.
— Fuerza para vencer el rozamiento en la estopada.
— Fuerza de compresión o tracción debida a los momentos flectores.
— Fuerza de arrastre del agua (pérdida de carga).

El primer esfuerzo, σ_t, es siempre de tracción; el segundo, σ_r es siempre de comprensión. El tercero, σ_e, con la disposición normal de anclajes y juntas de dilatación, es también de compresión. El trabajo del material es, pues, en la realidad, el resultante de tres esfuerzos normales entre sí, dos de compresión y uno de tracción. En la práctica, el esfuerzo mayor en valor absoluto es el σ_t, siguiéndole el σ_e y, finalmente, el σ_r.

Supongamos ahora que se efectúa una prueba hidráulica de un tubo a la presión 2 P_s (lo normal en esta clase de construcciones), cerrando el tubo por medio de tapas atornilladas al mismo. Los esfuerzos que actuarán sobre la chapa serán:

$$\sigma'_t = \frac{2\ P_s\ R}{e}\ \text{(tracción)}\ ;\ \sigma'_r = 2\ P_s\ \text{(compresión)}$$

$$\sigma'_e = \frac{2\ P_s\ \pi\ R^2}{2\pi\ R_e} = \frac{P_s\ R}{e} = \frac{1}{2}\sigma'_t \qquad \text{(tracción)}$$

Vemos, pues, que el esfuerzo longitudinal, que es de compresión en el trabajo real de la tubería, pasa a ser de tracción en una prueba hidráulica a presión con fondos. Este efecto hace que tales pruebas no den la seguridad deseada, y que unos tubos que han resistido perfectamente la prueba a doble presión de servicio en el taller, una vez montados en obra fallen al producirse una elevación de presión, incluso menor que la que se le ha dado en la prueba. En efecto, si adoptamos la convención de signos siguientes:

$+$ = tracción
$-$ = compresión

y tenemos en cuenta las teorías desarrolladas por Mohr, Guest y Mises (véase Hütte, tomo I, págs. 706 y 392, ed. G. Gili, 1938), podré escribir para el funcionamiento real:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_t^2 + \sigma_r^2 + \sigma_e^2 + \sigma_t\ \sigma_e + \sigma_t\ \sigma_r - \sigma_e\ \sigma_r} \qquad (37)$$

El material empezará a fluir, deformándose permanentemente bajo la acción de los tres esfuerzos combinados cuando σ alcance el límite de fluencia del material para un esfuerzo en una sola dirección.

En el caso de la prueba con fondos σ_e cambia de signo, pasando a ser positivo; luego la fórmula (37) pasará a ser:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_t^2 + \sigma_r^2 + \sigma_e^2 + \sigma_t\ \sigma_r + \sigma_e\ \sigma_r - \sigma_t\ \sigma_e} \qquad (38)$$

Si σ_K es el límite elástico del material, es evidente que siempre que σ sea menor que σ_K trabajará la tubería con un coeficiente de seguridad contra la deformación permanente de:

$$K = \frac{\sigma_K}{\sigma} \qquad (39)$$

Un ejemplo numérico hará ver con toda claridad la influencia que puede tener esta diferencia de trabajo entre la realidad y la prueba. Al efectuar el cálculo de la tubería forzada del Salto de Benós (Valle de Arán), actualmente en construcción, se encuentran los siguientes valores para el punto más bajo del tubo inmediato al macizo de anclaje inferior (espesor, 15 mm.; R = 2.100 mm.):

$$\sigma'_t = 732\ \text{Kg/cm}^2\ \text{(tracción)}$$
$$\sigma'_e = 314\ \text{Kg/cm}^2\ \text{(compresión)}$$
$$\sigma'_r = 10\ \text{Kg/cm}^2\ \text{(compresión)}$$

De donde se deduce σ = 945 Kg/cm², y siendo el límite elástico del material σ_K = 2.500 Kg/cm², el coeficiende de seguridad real contra deformación permanente será:

$$K = \frac{2.500}{945} = 2{,}65$$

Si efectuásemos con este mismo tubo una prueba con fondos en taller a la misma presión de 10 Kg/cm², tendríamos:

$$\sigma'_t = 732\ \text{Kg/cm}^2\ \text{(tracción)}$$
$$\sigma'_e = 366\ \text{Kg/cm}^2\ »$$
$$\sigma'_r = 10\ \text{Kg/cm}^2\ \text{(compresión)}$$

de donde se deduce por aplicación de la fórmula (38):

$$\sigma' = 618\ \text{Kg/cm}^2 \qquad K' = \frac{2.500}{618} = 4{,}04$$

Vemos, pues, que en la prueba trabajamos con un coeficiente de seguridad muy superior al que se trabaja en la realidad para igualdad de presiones. Para alcanzar el mismo coeficiente hay necesidad de elevar la presión de prueba. Supongamos que efectuamos una prueba con fondos a la presión de servicio σ_r; los valores de las fatigas tangencial y longitudinal serán:

$$\sigma_t = \frac{R}{e} \quad ; \quad \sigma_e = \frac{R}{2e}\sigma_r$$

substituyendo estos valores en la fórmula (38) tendremos:

$$\sigma' = \sigma_r \sqrt{1 + \frac{3\ R^2}{4\ e^2} + \frac{3\ R}{2e}} = K_1\ \sigma_r$$

en la cual K_1 es un constante dependiente de las dimensiones de la tubería; de esta fórmula se deduce:

$$\sigma = \sigma_r \frac{\sigma}{\sigma'} K_1 = \sigma_r \frac{K'}{K} K_1 \qquad (40)$$

lo cual nos dice que si queremos obtener la misma seguridad en

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

la prueba que en la realidad, deberemos aumentar la presión de prueba en la proporción $\frac{K'}{K}$. Para la tubería forzada del Salto de Besós se tiene:

$$\frac{K'}{K} = \frac{4{,}04}{2{,}65} = 1{,}52$$

lo cual indica que la presión de prueba debería elevarse en un 52 %, en este caso particular.

Como puede verse, esta cifra resulta bastante apreciable, y si se tiene en cuenta que la prueba se exige normalmente a una presión doble de la de servicio, estos aumentos nos conducirían en ciertos casos a presiones elevadísimas de prueba, con la consiguiente complicación para las tapas y la fijación de éstas a los tubos.

La prueba ideal consistiría en reproducir exactamente las condiciones de trabajo real, para lo cual basta probar el tubo con una prensa que a la vez sirva de tapa en los extremos, con lo cual se le puede dar una compresión equivalente a la que tendría en la realidad si funcionara bajo la presión de prueba, efectuando entonces el ensayo con la presión normal de prueba (doble de la presión de servicio). La prueba con prensa evita, además del inconveniente del aumento de presión de prueba o disminución del coeficiente de seguridad comprobado, un defecto fundamental de la prueba con fondos, que es el siguiente: aun suponiendo que en la prueba con fondos se llegue a un valor de ρ igual al que se llegaría en la realidad, es evidente que, por la distinta distribución de los esfuerzos de las direcciones de fluencia no serían las mismas, lo cual da pie a la posibilidad de existencia de un defecto de laminado no visible exteriormente y que podría ponerse de manifiesto en el funcionamiento real, pero que permaneciese oculto en la prueba.

Varias casas extranjeras especializadas en la construcción de tuberías forzadas tienen prensas especiales para efectuar la prueba a presión hidráulica en taller, reproduciendo casi exactamente las condiciones de trabajo real de los tubos.

En España no existe, hasta el momento, casa constructora alguna que posea prensa de este tipo; no obstante, en recientes construcciones, se ha estudiado un dispositivo de ensayo que elimina la tracción longitudinal y que se esquematiza en la figura 31. Consiste este dispositivo en dos tapas que, en vez de unirse al tubo, se unen entre sí mediante tirantes tensados por medio de tuercas, lo cual permite dar una cierta compresión inicial al tubo. Para disminuir el esfuerzo sobre los tirantes, debido a la presión, se dispone un tubo interior central de forma que la presión hidráulica actúa solamente en las tapas sobre unos anillos circulares de ancho reducido. De esta forma es muy difícil determinar el valor de la compresión dado al tubo, pero lo que sí se puede afirmar es que no habrá tracción, y, situándonos en el peor de los casos, podremos escribir:



Fig. 31

$$\sigma'_e = 0$$

lo cual conduce a la siguiente expresión:

$$\sigma' = \sigma_r \sqrt{1 + \frac{R}{e} + \frac{R^2}{r^2}} \qquad (41)$$

Aplicando esta fórmula al caso ya citado de la tubería del Salto de Besós, tendremos para $\sigma_r = 10$ Kg/cm^2.

$$\sigma' = 705 \text{ Kg/cm}^2$$

Esta cifra nos indica que, en el caso considerado, estamos en un promedio entre la prueba con fondos fijos al tubo y la prueba con prensa; no obstante, hay que considerar que en esta forma de ensayo la compresión axil no es nula, como he supuesto, sino que tiene un cierto valor, lo cual conduce a acercarse más a la realidad y hace muy admisibles las pruebas a presión verificadas por este sistema de tirantes.

No obstante, mi opinión es que debería exigirse un aumento de la presión de prueba del orden del 10 al 20 % para los tubos, cuyo valor real de σ_e sea muy elevado (superior a los 500 Kg/cm^2) e incluso para los que presenten cifras más bajas (superior a 200 Kg/cm^2), cuando el máximo golpe de ariete en la tubería por cierre instantáneo del obturador inferior sea superior al 80 %.

Esta rigurosidad en las pruebas de presión no sería necesaria si se adoptaran coeficientes de seguridad muy altos en el cálculo de la tubería, pero esto conduce, desde luego, al empleo de chapas más gruesas, lo cual debe ser evitado en aras de la economía, dado el elevado precio unitario de estas construcciones y las dificultades que existen para laminar en España chapas de gruesos superiores a los 28 mm.

CAPÍTULO XV

CONCLUSIONES GENERALES Y PROPUESTA

Por los asuntos tratados en este trabajo, puede deducir cualquier lector que el problema del cálculo y construcción de tuberías forzadas para saltos de agua no es de poca monta, ya que presenta múltiples y variados aspectos dignos de estudio y atención, y que, en general, está poco estudiado en España, dado el relativamente reducido número de tuberías forzadas importantes que se han construído en nuestra patria.

Considérese que, además de los temas tratados en este pequeño trabajo, existen otros tan interesantes y de importancia tan grande como los siguientes:

—Estudio detallado de las pérdidas de carga y forma de reducirlas a un valor mínimo.

—Propagación del golpe de ariete y determinación de su valor.

—Colapso de tuberías por presión exterior.

—Estudio y construcción de tuberías forzadas dentro de la roca.

—Piezas de bifurcación.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

—Construcción y unión de tubos por soldadura eléctrica, con su técnica especial de soldadura, ensayos magnéticos de las mismas, etc.

—Proyecto y ejecución de tuberías zunchadas para alta presión.

En fin, el tema de las tuberías forzadas es tan extenso y tiene tanta importancia por tratarse de construcciones y de gran responsabilidad, que creo merece la atención de nuestros ingenieros que se dediquen a actividades directa o indirectamente relacionadas con ellas, especialmente ahora que la fabricación de esta clase de tuberías empieza a tomar incremento en España.

En relación con el primero de los temas tratados, puedo decir, a guisa de resumen, que el cálculo de los esfuerzos de ovalización sobre los apoyos debe hacerse para tuberías de gran diámetro y poco espesor. Teniendo en cuenta que los espesores mínimos de las tuberías no pueden reducirse indefinidamente, a causa de que los tubos superiores deben resistir a la presión exterior en caso de producirse el vacío dentro de la tubería, y también para evitar deformaciones en el transporte, resulta que prácticamente los esfuerzos debidos a la ovalización tienen poca importancia hasta que llegamos a diámetros superiores a 1,50 m. Es imprescindible su estudio cuando se sobrepasan los 2,50 m. de diámetro.

El cálculo de los esfuerzos de ovalización no puede efectuarse con exactitud en ningún caso; no obstante, podemos llegar a determinar un orden de magnitud que será más que suficiente en todos los casos.

Un ejemplo de la importancia que puede tener el efecto de ovalización lo tenemos en la central hidroeléctrica de Gabet, en el río Segre, cuyas tuberías, de 3,30 m. de diámetro proyectadas por una casa extranjera en 1930, presentaron importantes deformaciones al ser puestas en servicio, lo cual obligó a modificar los apoyos. Estas tuberías estaban apoyalas sobre cunas ($\gamma = 60°$), a las que no se había dado incremento de radio alguno y en el cálculo no se había tenido en cuenta el efecto ovalizante debido a la variación de esfuerzo cortante, factor muy importante, puesto que en este caso, el valor de $\frac{RL}{C}$ es muy elevado ($\frac{RL}{C} = \frac{1{,}65 \times 7{,}10}{0{,}4} = 29{,}3$). En la tubería forzada de la central de Viella, construída en España el año 1945, cuyo apoyo es también por cunas ($\gamma = 60°$) se dió a éstas un incremento de radio y una longitud tal que el valor $\frac{RL}{C}$ resulta mucho más reducido ($\frac{RL}{C} = \frac{1 \times 7{,}2}{0{,}8} = 9$). Su funcionamiento es completamente satisfactorio.

Si aplicamos la fórmula 12, prescindiendo de las sobrecargas al caso de la tubería de Gabet, tendremos (*).

$$\left(p\,R^2 + \frac{\Delta R^3}{2} + \frac{PRL}{2\pi c}\right)\mu_1 = 48.550\,\mu_1$$

(*) La fórmula no corresponde al apoyo sobre cuna, pero para la comparación que intento hacer puede servir esta fórmula aplicable específicamente a los apoyos de patines.

valor del que corresponden 46.000 μ_1 al término

$$\frac{PRL}{2\pi c}$$

Vemos, pues, que sólo un 3 % del momento ovalizante corresponde al peso propio y carga de agua y que el 97 % restante es debido a la variación de esfuerzo cortante, cifras que son lo suficientemente elocuentes para demostrar que el cálculo, prescindiendo de la variación de esfuerzo cortante, no es admisible en este caso particular.

Veamos el caso de la tubería de Viella:

$$\left(p\,R^2 + \frac{\Delta R^3}{2} + \frac{p\,RL}{2\pi c}\right)\mu_1 = 5.640\,\mu_1$$

valor del que corresponden 5.075 μ_1 al térmico $\frac{PRL}{2\,M_c}$, lo cual indica que el momento ovalizante, debido a la variación de esfuerzo cortante, es del orden del 90 % del total.

Estas cifras bastarán para hacerse cargo de que la ovalización sobre los apoyos, debida al esfuerzo cortante, tiene la máxima importancia en la mayoría de los casos de tuberías forzadas dispuestas sobre apoyos espaciados y que su cálculo no debe omitirse.

Voy a dar ahora unas cifras para poner de manifiesto la influencia de la continuidad entre las secciones apoyadas y las secciones libres de que he tratado en el capítulo XI.

La fórmula (29) da para los dos casos particulares que he citado en este capítulo los valores siguientes:

Para Viella	Para Galbet
$\beta = 14{,}34$	$\beta = 8{,}45$

valores que aplicados a la fórmula 30 dan:

$$\sqrt{\frac{2c\beta}{2c\beta+3}} = 0{,}94 \qquad \sqrt{\frac{2c\beta}{2c\beta}} = 0{,}83$$

La diferencia entre el valor real estimado, según el capítulo XI, y el valor calculado es tanto mayor cuanto más pequeño es el valor de $c\beta$. Para el cálculo práctico creo que no hay que tener en cuenta esta reducción si la misma no excede del 20 %. La reducción será mayor que ésta y, por lo tanto, digna de tenerse en cuenta siempre que se verifique:

$$\frac{Re}{c^2} > 0.2 \qquad (42)$$

fórmulas en la cual R es el radio de la tubería, e el espesor de la chapa y c la longitud de apoyo medidas todas estas cantidades en las mismas unidades. Esta fórmula indica, asimismo, que para una tubería de radio y espesor dados conviene que c sea lo mayor posible para disminuir el valor del momento ovalizante debido a la variación de esfuerzo cortante, y también (fórmula 42) conviene que c sea pequeño para aumentar la influencia de los tramos no apoyados que tiende a disminuir el momento ovalizante sobre los apoyos. La acertada ponderación de estos dos efectos puede conducirnos a la determinación de la longitud más apropiada para los apoyos.

Referente al segundo punto estudiado en este trabajo, o sea la

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

dilatación térmica, indicaré solamente que para el cálculo de los anclajes basta considerar una fuerza axil igual a la suma de las fuerzas de rozamiento sobre los apoyos, y un momento de vuelco de signo contrario al momento de rozamiento en un apoyo y de valor igual al mismo multiplicado por 0,275. Para el cálculo de las fatigas en el tubo debe considerarse la misma fuerza axil y el momento total de rozamiento sobre el apoyo.

Finalmente, la prueba a presión en el taller de construcción considero que tiene la máxima importancia y que debe ajustarse a las siguientes normas:

1.º Las pruebas se efectuarán por medio de una prensa apropiada o, cuando menos, con fondos unidos por tirantes para eliminar las tracciones longitudinales del tubo.

2.º La presión normal de prueba será doble de la presión normal de servicio para cada tubo, excepto para los casos siguientes:

a) Cuando la sobrepresión de máximo golpe de ariete por cierre instantáneo exceda del 80 % de la presión normal; caso en el que deberá tomarse como presión de prueba la presión de máximo golpe de ariete, más un 20 % de la presión normal.

b) Cuando la compresión longitudinal de los tubos en servicio exceda de los 500 Kg/cm^2 y se efectúen las pruebas por medio de tapas o fondos atirantados; en este caso se aumentará la presión de prueba de un 10 a un 20 %.

Dada la importancia y la responsabilidad que representa la construcción de una tubería forzada, y visto el incremento que va tomando su proyecto y construcción en España, propongo que de la misma forma que existe una instrucción oficial para la redacción de proyectos y construcción de estructuras metálicas, de obras de hormigón armado y otras, se proceda a la confección de una «Instrucción para la redacción de proyectos, construcción e instalación de tuberías forzadas para centrales hidroelétricas», a la que debería darse carácter oficial y que debería contener fundamentalmente los siguientes extremos:

1.º Orientaciones para el cálculo con indicación de los factores que deben tenerse en cuenta según las dimensiones de la tubería y presiones soportadas, coeficientes de trabajo admisibles y puntos en los cuales debe hacerse la comprobación teórica de los mismos.

2.º Materiales, características mínimas de los mismos y normas para su recepción y ensayo.

3.º Construcción, con normas para efectuar los roblonados y soldaduras y comprobación de estos últimos por ensayos mecánicos, magnéticos o por rayos X, recocido de los tubos, etc.

4.º Pruebas en taller, forma de efectuarlas y determinación de las presiones de prueba en cada caso.

5.º Montaje en obra.

6.º Pruebas de estanqueidad y presión en obra durante y finalizado el montaje.

7.º Protección, servicio y conservación de la tubería.

La redacción de la propuesta de «Instrucción» podría encomendarse a una Comisión de técnicos que estudiaran cuidadosa y detalladamente todos los problemas relacionados con las tuberías forzadas, que consultaran con las empresas que han proyectado y construído tuberías en España y estudiaran, asimismo, lo que en este sentido se haya hecho fuera de España para formular así la repetida «Instrucción» acomodada a nuestras necesidades y posibilidades.

Considerando que la parte más importante de mi trabajo es precisamente esta propuesta, brindo la idea a los asistentes a este II Congreso Nacional de Ingeniería por si cree conveniente darle estado oficial con las modificaciones, adiciones o supresiones que de la discusión puedan surgir.

Barcelona, 23 de febrero de 1950.

La concurrencia acepta las conclusiones de este trabajo y el Sr. Secretario, por delegación del respectivo autor, da lectura al trabajo siguiente, núm. 70:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 70. - Un tipo de elongámetro eléctrico de hilo resistente para materiales heterogéneos

Autor: D. MARIANO FERNÁNDEZ BOLLO
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

I

El interés que presenta la utilización de los extensómetros de hilo resistente en las aplicaciones técnicas impulsó al que suscribe a estudiar su construcción en España, así como la de los aparatos de medida correspondientes.

Una vez conseguidos unos instrumentos que permitían la realización de ensayos sistemáticos se pudo observar que la construcción, hoy tan generalizada del «hilo pegado», no es adecuada para los aglomerados de elementos granulares que constituyen casi todos los materiales de construcción a excepción del acero, la madera y el vidrio.

En efecto, el mortero, los ladrillos, y muy especialmente el hormigón, no se deforman uniformemente bajo las cargas. Bien sabido es que generalmente un hormigón tiene un módulo elástico muy inferior al del material que constituye su árido. (Por ejemplo, el árido es silíceo de módulo 300.000 Kg/cm^2 y el hormigón resulta de 150.000 Kg/cm^2). Si así sucede, casi todas las deformaciones se acumulan en la pasta entre granos.

Otras veces el cemento (pasta) es más duro que los gránulos, como sucede en hormigones con áridos blandos y en muchos ladrillos. Entonces se acumula la carga sobre los mismos si el tanto por ciento de pasta no es suficiente para rellenar los huecos, o quedan descargados, si la pasta separa con sección suficiente a todos los granos.

Son los tres tipos que denominaremos A B y C de aglomerados que también se presentan con frecuencia en las rocas naturales.

Si en un aglomerado tipo A suponemos pegado un extensómetro de hilo resistente (figura 1) las zonas α, α', α'', que se unen a la pasta sufrirán un acortamiento:

$$\delta_\alpha = E_\alpha : \sigma_\alpha \left(\alpha + \alpha' + \alpha''\right)$$

F_α = módulo de deformación
σ_α = carga s/pasta
que supondrá una variación de resistencia:

$$\Delta r_\alpha = \rho\, E_\alpha\, \sigma_\alpha \left(\alpha + \alpha' + \alpha''\right)$$

ρ = módulo del extensómetro.

Análogamente la variación debida a las zonas β, β', β'', sería:

$$\Delta r_\beta = \rho\, E_\beta\, \sigma_\beta \left(\beta + \beta' + \beta''\right)$$

y en total:

$$\Delta r = \rho \left[E_\alpha\, \sigma_\alpha \left(\alpha + \alpha' + \alpha''\right) + E_\beta\, \sigma_\beta \left(\beta + \beta' + \beta''\right)\right]$$

Puesto que σ_α σ_β son funciones de E_α, E_β y σ (carga general sobre el materiad), tendremos:

$$\Delta r = \rho \times \left[\left(\alpha + \alpha' + \alpha''\right) f_\alpha \left(E_\alpha\, E_\beta\, \sigma\right) + \left(\beta + \beta' + \beta''\right) f_\beta \left(E_\alpha\, E_\beta\, \alpha\right)\right]$$

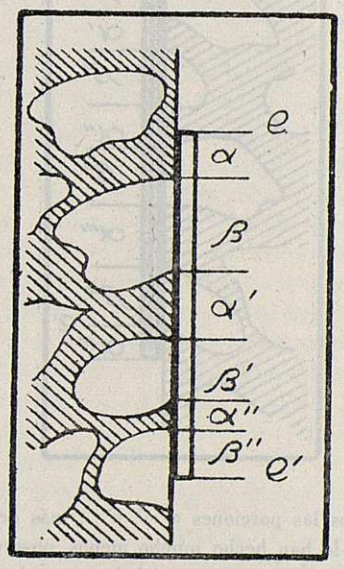


Fig. 1

La investigación teórica de f_α y f_β es posible y para casos simples hasta fácil, pero el método experimental pierde toda su garantía y simplicidad. Ejemplos análogos podríamos incluir para otros materiales tipos B o C.

Con el fin de salvar estos inconvenientes se han construído los extensómetros que denominaremos de *hilo resistente deslizante* de que nos vamos a ocupar a continuación.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

II

En el extensómetro de hilo resistente deslizante, el hilo (de 0,03 mm. ϕ) se fabrica con una aleación análoga al «advance» americano de elevado módulo extensométrico (2 a 3) y muy bajo coeficiente de temperatura.

Este hilo se recubre con dos capas de seda enrolladas en sentidos contrarios, operación muy delicada que ha sido llevada a cabo por la casa Masfarné (Barcelona) con entera satisfacción por nuestra parte. Se utiliza un hilo de seda muy fino cuyas espiras forman una hélice de paso inferior a 0,01 mm. De esta forma el hilo de «advance» puede deslizarse dentro de su funda de seda sin dificultad.

Al fabricar el extensómetro se empieza por preparar en aparato especial el zig-zag de hilo que en seguida se barniza con un barniz bencénico de laca sintética. Al endurecerse el barniz forma un tubo con las espiras de seda cementadas, en el interior del cual el «advance» no se adhiere a la laca, puede deslizarse libremente.

Después se une con barniz nitrocelulósico el zig-zag a su soporte de papel «stiff» muy permeable y para utilizarlo se adhiere de la forma usual en los extensómetros de hilo normales.

Veamos cómo funciona el extensómetro adherido sobre un material del tipo A, como el antes indicado.

Véase ahora figura 2.

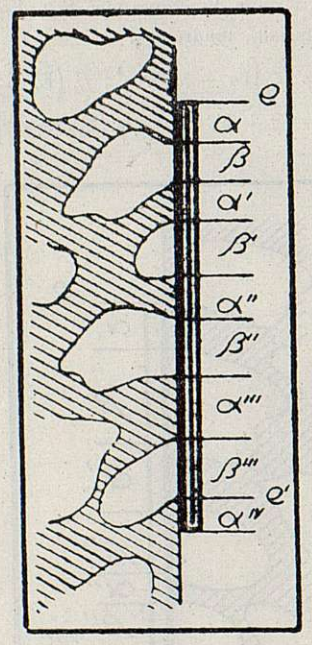


Fig. 2

Si consideramos las porciones α, α', α''... más deformadas y las β, β', β''..., que lo han hecho mucho menos, observaremos que en las primeras el hilo de «advance» no habrá seguido al «tubo» en su deformación, ya que puede deslizarse fácilmente en su interior, y, en cambio, la tensión y, por tanto, la deformación del hilo, será prácticamente uniforme en todo él. Por tanto, el incremento de resistencia será proporcional a la deformación específica eficaz entre e y e' del material estudiado, y se obtiene el alargamiento que realmente nos interesa en la técnica de construcción.

Estas consideraciones son aún más importantes para piezas de hormigón sometidas a tracción. En ellas, por la escasa carga de rotura de la pasta, es corriente que se produzcan «pelos», es decir, grietas muy finas, mucho antes de la rotura y aún del límite de trabajo de la pieza. Un extensómetro ordinario se corta al producirse un «pelo» bajo él, mientras que uno del tipo deslizante puede continuar su funcionamiento sin dificultad mucho después de la aparición de la grieta.

Dos inconvenientes principales que parecen presentar estos extensómetros han resultado poco importantes en la práctica.

El primero es que tal vez la mayor «importancia mecánica» del hilo al estar rodeado por su envoltura podría originar errores en la medida.

Ensayando el hilo sin envolver y el envuelto, resultó su resistencia mecánica sólo aumentada en un 11,5 %, y como la del hilo es totalmente despreciable frente a la pieza, puede seguir despreciándose.

Como segundo inconveniente aparecía el de la posibilidad de que el hilo de «advance» sufriese un esfuerzo previo, un pretensado, por la dilatación originada en la envoltura de seda por el barniz. Estudiados estos esfuerzos, se observa que, en efecto, al barnizar, la dilatación de la envoltura crea una tensión de casi un gramo para un hilo de 3 cm. de longitud, pero que la contracción por desecación la disminuye rápidamente, y al final sólo queda una fracción residual poco importante.

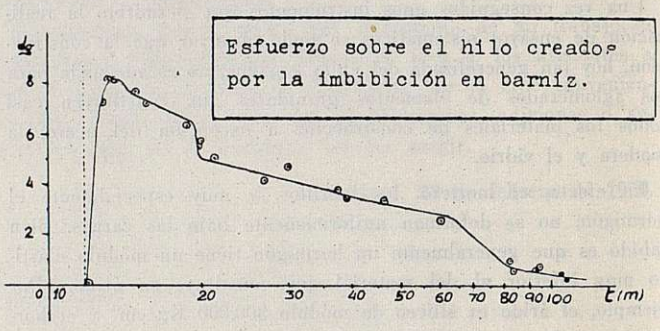


Fig. 3

No ha sido posible suprimir con la envoltura otra dificultad que en principio se trataba de resolver con ella, que es la susceptibilidad higroscópica de los extensómetros.

A causa de la tendencia del barniz nitrocelulósico a absorbeer humedad en cierta proporción y la pérdida de consistencia que sufre por esta causa, los extensómetros ordinarios pierden al cabo de cierto tiempo en contacto con aire húmedo sus propiedades de transmitir fiel e instantáneamente las deformaciones de la pieza a que se adhieren. Para evitar este inconveniente se han ideado distintas protecciones y barnices, con resultados muy variables.

La envoltura del hilo representa una mejora en este sentido, dado que aumenta el área de transmisión de la deformación de la pieza al extensómetro y, por tanto, disminuye la carga unitaria que esta transmisión supone sobre el barniz. Pero no resuelve totalmente el problema, cosa que probablemente se conseguirá pronto cambiando la naturaleza del barniz adhesivo.

En un ensayo hecho en este sentido con extensómetro ordinario y otro enfundado, se pudo apreciar una prolongación en

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

su vida útil en *contacto con aire saturado a 20°* del orden de un 40 %. Un solo ensayo es insuficiente para poder llegar a una conclusión numérica, pero da idea del mejoramiento conseguido.

A petición de algunos compañeros se citan, finalmente, publicaciones útiles para formar juicio sobre el tema tratado.

Mayo, 1950.

BIBLIOGRAFIA

1.—Anderson and Nevitt: Apliccation of electric straing gages to shipbuilding problems.—*Experimental Stress Analysis*, 1,1 (1943).

2.—Baldwin Locomovite Works-Southwark Division: The SR4 torquemeter.—*Bulletin*, 165.

3.—Idem: The SR4 Indicator.—*Bulletin*, 179.

4.—Idem: Static and Dynamic Testing of Structures.—*Bulletin*, 225.

5.—Basset, Cromwell and Wooster: Improved techniques and vices for stress analysis with resistence wide gages.—*Experimental Estress Analysis*, 3.2 (1946).

6.—C. de Lafon: L'Electronique permet la mesure des contraintes mecaniques.—*Electronique* (*A. I. E. France*), N. 32-1949.

7.—Centro Bibliográfico de la Escuela de Caminos: Extensómetro fundado en las variaciones eléctricas.—*Revista de Obras Públicas*, núm. 2.781. (Resumen Engineering, 9 agosto 46, por S. Angulo.)

8.—Davis.—Procedure for applying SR4 gages to concrete reinforcement bars.—*SR4 Letter*, 2.4 (1946).

9.—Dorey: The use of wirs wound electrical resistance strain gages, as applied to engineering problems.—*Trans. Inst. New Arch*, 86 (1944).

10.—Horger, Neifert and Regen: Residual stresses and fatigue studies.—*Experimental Stress Analysis*, 1.1 (1943).

11.—Lissner and Gurjian: Deformation of skull inhead injury. *Surgery, gynecology and Obstetrics*, 81 (1945).

12.—Red Shaw: Electrical measuremen of strain.—*Journal of Royal Aeron Soc*, 50.248 (agosto 1946).

13.—Thurston and Cusham: Precisión determination of weight by means of bonded strain gages.—*Experimental Stress Anylysis*, 3.1 (1945).

14.—Tschebotarioff: Use of electric resistivity strain gages over long periods of time.—*Experimental Stress Analysis*, 3.2 (1946).

15.—Wallace and Casler: Device for maintaining continuous electrical connections.—*Experimental Stress Analysis*, 4.2 (1947).

16.—W. B. Dobie-P. C. G. Isaac: Electric resistance strain gages. *The English Universities Press Limited.* Londres, 1948.

Terminada la lectura de este trabajo, se procede a la lectura del siguiente, núm. 74:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 74.- Importancia y progreso de las aplicaciones de la fotografía en la industria textil

Autor: D. ALBERTO BARELLA MIRÓ
Ingeniero de Industrias Textiles

INTRODUCCIÓN

Hasta el presente, poco se ha estudiado la aplicación de la Fotografía en el campo industrial textil, a pesar de que el gran invento de Daguerre y Niepce fué, ya en sus inicios, utilizado para intentar la solución de algunos importantes problemas relacionados con la Técnica Textil.

En el campo de aplicación de la Fotografía y, en general, de la Fotoquímica, caben un número relativamente amplio de cuestiones relacionadas con la Industria Textil. Este campo va desde el laboratorio de investigación a los diversos ramos de la práctica industrial. En Investigación hace ya años que la Fotografía ha obtenido éxitos resonantes, mientras que en la Industria sólo en determinadas ocasiones ha podido ser utilizada con buen éxito. Estudiaremos a lo largo del presente trabajo algunos de los aspectos de mayor interés de la aplicación de la Fotografía en la Industria Textil y el papel que en la misma ha venido desempeñando desde su invención hasta nuestros días, haciendo resaltar el brillante porvenir que se presenta para determinado número de aplicaciones. Ello tiene hoy tanta mayor importancia por cuanto España cuenta ya con una importante Industria Fotográfica y, por tanto, puede resolver sin ayudas extrañas todos los problemas que en el aspecto de técnica puramente fotográfica puedan presentarse al ir tomando incremento la utilización del proceso fotoquímico dentro del campo industrial textil.

PASADO

La puesta en carta fotográfica en los tiempos pretéritos.

Es problema antiguo el de la puesta en carta fotográfica, y no porque no haya sido aún resuelto de manera satisfactoria (y esto ya lo veremos más adelante), ha perdido su interés. En efecto, la solución de esta cuestión representaría una rapidez y economía que le prestan un gran interés.

El primer procedimiento de puesta en carta fotográfica que se intentó llevar a la práctica data de 1897. Es un procedimiento muy simple, sobre todo para dibujos sencillos a base de pocos armures, o bien, pintados en masas.

En primer lugar, se impresionan las imágenes negativas del cuadriculado y de los diversos armures. Si se fotografía la superposición de las dos placas por transparencia sobre un cliché de vidrio, se obtendrá, indiscutiblemente, una vez ajustados el cuadriculado y el armure, la puesta en carta parcial para el armure de que se trate. Por impresiones de los diversos armures en forma sucesiva sobre el cuadriculado, se obtendrá la puesta en carta total.

El aparato para la superposición de las placas consta de un bastidor desplazable en todas direcciones, por medio de un juego apropiado de tornillos, en el que se colocan los clichés de cuadriculado y de armures, y un sistema formado por el objetivo y el chasis con la placa sensible, unidos por un fuelle. Estas dos partes son susceptibles de modificar su distancia mutua para poder realizar el enfocado, cosa que se hace mediante cremalleras y piñones. Todo este sistema es desplazable en conjunto, y puede correr a lo largo de unos raíles. La operación de raportado de las placas de cuadriculado y de armures se hace con la ayuda de un sistema micrométrico, ayudado por una lente de aumento, ya que es la operación más delicada.

La operación se realiza impresionando, en primer lugar, el cuadriculado sólo. Para obtener los efectos de ligamento se opera según la índole del dibujo. Para un adamascado con dos efectos de ligamento, por ejemplo, a base de un ligamento de fondo y unas bastas de trama, se confecciona con el dibujo una plantilla, pintando los lugares donde existe efecto de trama y se intercala entre el objetivo y la placa sensible, a pocos milímetros de ésta, por medio de un chasis porta-placas. Una vez fotografiada la placa de cuadriculado, sin plantilla, debe procederse a impresionar el ligamento o armures de fondo, intercalando la plantilla y colocando el correspondiente cliché del armure en el bastidor.

Cuando se trata de adamascados compuestos a base de dos o más armures, deben confeccionarse tantas plantillas como efectos de ligamento, y debe repetirse la operación cambiando cada vez las plantillas y los correspondientes clichés de armure. Las plantillas pueden obtenerse asimismo por vía fotográfica.

La puesta en carta es demasiado pequeña para el uso, por lo que debe ampliarse por los procedimientos ordinarios. Generalmente se amplía sobre placa y se efectúa la tirada de ese

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

papel al ferroprusiato, que da coloración azul al dibujo, incluyendo el cuadriculado. Si se quiere que el cuadriculado quede negro y la puesta en carta en color, debe procederse a la impresión de dos placas, una para el cuadriculado y otra para el dibujo armurado. La primera se amplía y se tira en papel a la goma bicromatada y coloreada, que da, una vez desarrollado, el cuadriculado en negro. Este papel se recubre de una mezcla de goma arábiga y bicromato, y se impresiona con la superposición de los dos clichés ampliados. Desarrollado con agua tibia, dará la puesta en carta del color que se haya añadido a la segunda capa sensible sobre fondo de cuadriculado negro.

Este procedimiento tiene varios inconvenientes, que fueron la causa de su abandono. Además de necesitarse aparatos de gran precisión para efectuar en buenas condiciones el raportado de los clichés de cuadriculado y de armures, la perfección de las cartas obtenidas es muy relativa, ya que en las intersecciones del fondo y las distintas partes del dibujo, o bien en las de las distintas masas de dibujo entre sí, aparecen defectos, o sea, que el contorneado de las distintas formas es deficiente, y obligan a efectuar un repasado posterior a mano, que, en la mayor parte de los casos, compensa las ventajas de la rapidez, que es la característica esencial del procedimiento fotográfico. Las deficiencias en el contorno se presentan frecuentemente en forma de medios cuadros o fracciones de cuadro, pues la máquina no lleva ningún dispositivo para prever este defecto. Y no hay que olvidar que un contorneado perfecto es lo más esencial en la puesta en carta y la que, ejecutada a mano, requiere más tiempo.

Además, resulta bastante delicado y complicado el proceso a que hay que someter los clichés para llegar a la puesta en carta definitiva; más, si se quiere obtener aquélla en dos tintas.

Poco tiempo después, en los últimos años del pasado siglo, los ingenieros Szcepanick y Kleinberg, autores de una Jacquard eléctrica, inventaron un procedimiento de puesta en carta fotográfica que les permitiese obtener con facilidad las puestas en carta sobre placa metálica que necesitaban para completar su sistema de tisaje eléctrico. El método de estos dos investigadores dió mucho que hablar y tiene una base científica muy curiosa para lograr el cuadriculado.

Para obtener mayor nitidez en las imágenes fotográficas, se interpone entre las lentes del objetivo un diafragma, es decir, una placa metálica perforada con una abertura más o menos grande que intercepte los rayos luminosos, demasiado alejados del eje. En la práctica, el diafragma es cuadrado y los rayos luminosos forman un haz en forma de pirámide rectangular.

El objetivo está formado por dos lentes y el diafragma. Los rayos luminosos, después de atravesar el sistema óptico así formado, encuentran una plancha perforada a base de pequeños agujeros circulares que corresponden cada uno a un cuadrito de la cuadrícula. Detrás de la placa perforada está situada, a una distancia conveniente, la platina que lleva el material sensible. Si iluminamos el objetivo, se comprende que en la placa fotográfica se formará el cuadriculado gracias al diafragma y la plancha de agujeros. Si ahora colocamos ante el objetivo un dibujo fuertemente iluminado, en la placa sensible se formará la correspondiente puesta en carta (de masas). Según los inventores, los contornos del modelo aparecen en cuadros enteros, atendiendo que sólo pueden aparecer en el mismo aquellos cuadros cuya abertura correspondiente está iluminada en la placa perforada, lo que indica que el contorno de la imagen proyectada cubre, por lo menos, la mitad del cuadro.

Ahora bien, para obtener las puestas en carta armuradas, será preciso valerse de placas especiales, llamadas de armure, que tienen los agujeros dispuestos según los escalonados de estos armures. Estas placas, que se obtienen fotográficamente, se superponen para su uso a la placa de agujeros, y quedan éstos interceptados en los lugares convenientes. La preparación de estas placas de armures es bastante larga y delicada y consiste en esencia en fotografiar sobre vidrio unas hojas de papel en las cuales se han trazado unos círculos negros en los lugares oportunos. Estos círculos quedan transparentes en la placa fotográfica y deben ser mayores que las aberturas correspondientes de la placa perforada.

Para operar hay que valerse de dibujos parciales extraídos del total, uno para cada armure, y realizando sucesivas impresiones, cambiando cada vez el dibujo parcial y la placa de armure. Al final se reproduce el cuadriculado sobre toda la placa sensible, operando sin placas de armures, e iluminando indirecta y fuertemente el objetivo, lo que se logra substituyendo los dibujos por una hoja de papel blanco.

Los armures compuestos se obtienen a base de la superposición de armures, o mejor dicho, de placas de armures simples, o bien por sucesivos deslizamientos en sentido vertical u horizontal de una sola placa. Quedan exceptuados algunos ligamentos de base complicada, que deben reproducirse por medios especiales.

Para distinguir los distintos efectos de ligamento entre sí en las cartas pintadas en masas y en defecto de la fotografía en colores, desconocida en la época de Sczepanick, éste utilizaba distintos signos producidos a base de diafragmas especiales que se cambian al ir impresionando los distintos efectos.

Pueden obtenerse por este procedimiento dibujos esfumados y sombreados a base de una buena combinación acertada de tiempos diversos de exposición para los distintos efectos, operando con el mismo diafragma, o bien empleando diafragmas distintos y un solo tiempo de exposición. No detallamos el modo de operar por salirse de los límites de este trabajo, y nos limitamos a señalar tan sólo esta nueva posibilidad del procedimiento que estudiamos.

El procedimiento de Sczepanick fué llevado a la práctica, pero fracasó de un modo que no deja lugar a dudas. Veamos las causas de este fracaso.

Nosotros hemos tenido la ocasión de estudiar el principio esencial del sistema que estamos comentando. En el año 1937 fueron realizadas algunas pruebas encaminadas a comprobar si realmente el contorno de los dibujos obtenidos por medio de este procedimiento resulta nítido o bien, si por el contrario, queda dudoso, con la aparición de medios cuadros o de fracciones de cuadro. En las pruebas efectuadas se observó que ocurre esto último, pese a las precauciones que los autores del método tomaron y de lo incontestable del principio óptico que le sirve de sustento.

La aparición de cuadritos incompletos en el contorno se debe,

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

a nuestro juicio, a que para que un cuadro aparezca completo, es preciso que el agujero de la placa perforada esté completamente iluminado, o sea, que el contorno de la parte sombreada no llegue a pasar por el centro de dicho agujero. Por pequeño que sea el diámetro de los agujeros, contando con que no puede exagerarse esta contingencia, debido a exigencias de orden lumínico, si el dibujo presenta un contorno un poco complicado, es casi inevitable que dicho contorno pase, en más de una ocasión, por el centro de los agujeros de la plancha perforada, y en este caso la aparición de medios cuadros es inevitable, lo que indica la necesidad de un retoque posterior a mano. Además, el procedimiento de Sczepanick presenta varios inconvenientes de consideración. En primer lugar, hay que tener en cuenta que, en la práctica, se trabaja con varias reducciones de cuadrícula, según las características del tejido, para el cual se ha de poner en carta el dibujo. Por lo tanto, en el caso de emplear el método que estudiamos, serían necesarias tantas placas perforadas y tantos juegos de placas de armures como reducciones de cuadrículas existen. Y, aún así, la puesta en carta sería defectuosa si no se empleasen diversos diafragmas rectangulares, ya que, de lo contrario, los cuadritos, en caso de cuadrícula irregular, aparecerían cuadrados y separados los reglones horizontales, o pasadas, por una distancia variable dependiente de la irregularidad de la reducción de cuadrícula, en detrimento de la claridad del conjunto.

La lectura de las cartas pintadas de masas a base de signos representando cada uno un efecto distinto de ligamento, presenta en la práctica varias dificultades por la facilidad con que pueden deslizarse errores y confusiones.

Asimismo, la formación de armures compuestos a base de la combinación de las placas de armure simples es engorrosa, tanto más cuanto frecuentemente se recurre a ligamentos irregulares como los llamados «crepés». En estos casos debe construirse la correspondiente placa de armures, con todos sus inconvenientes por lo delicado de la operación. Tampoco es conveniente el modo de operar en el caso de esfumados, pues es muy difícil que se obtengan los efectos buscados y que la puesta en carta resulte clara.

Estas consideraciones sitúan al procedimiento de Sczepanick como una notable concepción teórica, pero que llevada a la práctica no es susceptible de dar buenos resultados, como quedó demostrado en Roubaix, donde llegó a funcionar un taller aplicando este sistema. No obstante, al parecer, produjo un gran revuelo en los medios técnicos y profesionales de toda Europa.

Posteriormente a Sczepanick sólo merece citarse el procedimiento de Borzykowsky, que se intentó aplicar en 1909 sin buen éxito. Este procedimiento se basa en fotografiar los efectos de dibujo sobre un papel que lleva la cuadrícula ya impresa y, en algunos casos, incluso el armure de fondo.

Presenta asimismo un cierto interés en el campo de las aplicaciones fotoquímicas en la industria textil el procedimiento de que se valían los ya antes citados investigadores Sczepanick y Kleinberg para obtener las puestas en carta fotográficas sobre placa metálica utilizables para el picaje eléctrico de los cartones. Para la obtención de las placas metálicas con la puesta en carta, se aplicaban las propiedades de la gelatina sensibilizada al bicromato. Para ello recubrían la placa con dos capas de gelatina bicromatada, de tal modo que la capa superficial resultase más sensible que la otra. Al proyectar el dibujo, solamente resultaba influída la capa superficial. Desarrollada la imagen, sólo quedaban, de esta capa de gelatina, las zonas iluminadas del dibujo. Una vez realizada esta operación, se sometía la placa a la acción de la luz, que actuaba sobre la placa profunda de gelatina, en las zonas del dibujo en que había desaparecido la capa superficial en el desarrollo anterior. Finalmente, se sometían las placas a la acción del agua caliente que arrastraba la gelatina que cubría las regiones no influenciadas por la luz en esta segunda exposición. Generalmente se procedía después a un baño de la plancha con el dibujo en una disolución ligeramente ácida.

Hasta aquí, la actividad desarrollada en los tiempos pretéritos en el aspecto de la introducción del proceso fotoquímico en la industria textil. Aplicación reducida y constreñida a una especialidad concreta, tal como es la obtención de la puesta en carta de los dibujos de Jacquard por medios más rápidos que los manuales.

Como veremos en su momento oportuno, se ha recorrido un camino muy considerable en el campo de las aplicaciones técnico-textiles de la Fotografía; y aún es mayor todavía el camino que falta recorrer.

PRESENTE

Son muchas ya, hoy en día, las aplicaciones del proceso fotoquímico en la Industria Textil. Se utilizan ya procesos de esta índole en trabajos de laboratorio e investigación, en la práctica industrial de la estampación, y modernamente en la fototintura y la fotoestampación. Por otra parte, no se han abandonado las tentativas para extenderlos de modo definitivo a la misma puesta en carta fotográfica ya estudiada, pero enfocando la cuestión desde puntos de vista inéditos, y se trabaja activamente en la búsqueda de nuevas aplicaciones. Coordinando mejor el orden que se debe seguir, y para dar cierta continuidad a lo tratado en el capítulo anterior, nos ocuparemos, en primer lugar, de las nuevas tentativas realizadas para hacer una realidad el ideal de la puesta en carta fotográfic tan soñado por nuestros predecesores.

Una aportación al estudio de la puesta en carta fotográfica

En el año 1937, el autor de estas líneas inició sus estudios y experimentos encaminados a perfeccionar y resolver las dificultades que se habían venido observando al poner en práctica los distintos procedimientos ideados. Desde entonces, y pese a las interrupciones que debido a diversas causas han tenido que sufrir, puede decirse que los trabajos realizados han cristalizado en realidades, si no definitivas, lo bastante concluyentes para que podamos afirmar que la solución del problema de la puesta en carta fotográfica es posible no sólo en la teoría, sino, lo que es más positivo, en la práctica. La labor realizada, que se ha visto entorpecida por las circunstancias atravesadas por el mundo durante los últimos años, con las siguientes dificultades en la consecución de determinados materiales de experimentación, será continuada cuando mejoren las cosas y sea posible tener

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

al alcance todos aquellos medios indispensables de que nos hemos visto privados.

De los experimentos realizados han surgido dos procedimientos distintos para llegar a la solución del problema. Nos ocuparemos del estudio del fundamento científico de uno de los dos sistemas: el que llamamos de la «luz difusa». Dicho método ha sido el mejor estudiado y es, a la vez, el más sencillo.

Como es sabido, el principal inconveniente que presentaban los primitivos procedimientos de puesta en carta fotográfica, consiste en la dificultad de contornear los motivos del dibujo a base de cuadritos llenos, o sea, sin la aparición de medios cuadritos o fragmentos de los mismos, que dificultan extraordinariamente la lectura e interpretación de la carta y que obligan a efectuar un retoque manual que compensa negativamente las ventajas del proceso fotográfico, en cuanto a rapidez se refiere. Incluso los más perfeccionados procedimientos ideados hasta la fecha presentan este grave inconveniente, como hemos podido apreciar en el capítulo anterior.

A allanar esta dificultad se dirigieron nuestros esfuerzos desde el primer momento, y podemos hoy afirmar que la dificultad ha sido superada.

El procedimiento de la luz difusa se basa en hacer atravesar los rayos luminosos procedentes del dibujo por un difusor especial, de tal manera que cuando un cuadrito no esté totalmente iluminado por pasar el contorno del dibujo por el mismo, no dé un medio cuadrito o fragmento de cuadrito sobre el material sensible, sino que el efecto sea reducir la iluminación de la totalidad del cuadrito de manera proporcional a la cantidad de luz recibida, pero de tal manera que ésta se transmita a todas las zonas del material sensible que corresponde al cuadrito en cuestión, de modo que aparezca éste lleno.

Ahora bien, cuando se efectúa la puesta en carta manual, se consideran como «tomados» todos aquellos cuadritos en los cuales la línea de contorno del dibujo abarca más de la mitad de su superficie, y «dejados» en el caso contrario. Operando fotográficamente a través del difusor, llega la luz a todos aquellos cuadritos que no estén totalmente obturados por la parte opaca del dibujo, o sea, que aparecerán como «tomados» todos los puntos del mismo en que el contorno atraviese el cuadrito, aunque correspondan a zonas en que por estar iluminados menos de la mitad deberían aparecer como «dejados» y, por tanto, permanecer blancos. Por otra parte, es evidente que aunque la luz llegue a través del difusor, a toda la superficie del cuadrito, la cantidad de luz no será igual en todos los casos, y que será, naturalmente, mayor cuando mayor sea la superficie tomada por la línea del contorno. Por ello, obtendremos cartas con una serie de cuadritos de diversas tonalidades de gris en los contornos de los motivos (Fig. 1), algunos de los cuales corresponden, en realidad, a «dejados», puesto que se refieren a zonas iluminadas menos de la mitad. Por otra parte, la lectura de la carta presenta sus dificultades, por lo que ha sido preciso estudiar cuidadosamente el fenómeno para llegar a la supresión de aquellos cuadritos grises que corresponden a puntos «dejados».

La solución de esta dificultad se ha enfocado desde dos puntos de vista distintos: *a*) Por estudio sensitométrico de las condiciones de exposición, cantidad de luz y sensibilidad del material fotográfico empleado. *b*) Mediante la anteposición de un

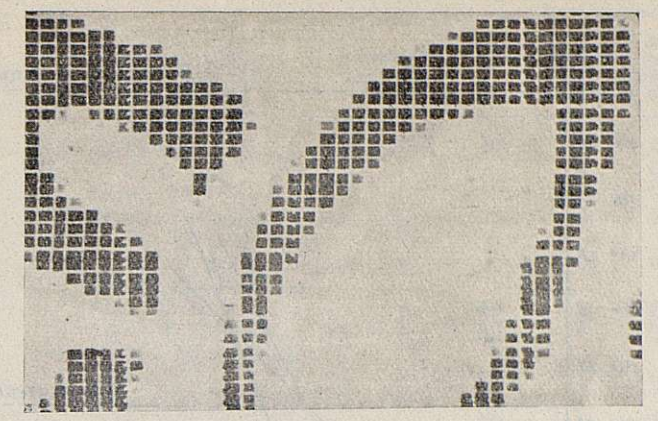


Fig. 1

filtro-diafragma al difusor de tal manera que la luz llegue solamente a impresionar el cuadrito cuando la superficie cubierta por la zona iluminada equivalga a más de la mitad del mismo.

Ambas soluciones presentan interés científico y serán estudiadas con detalle a lo largo del presente trabajo.

a) Estudio sensitométrico.

No entraremos aquí, para evitar alargar el presente estudio, en la definición de las leyes que rigen el ennegrecimiento de las placas y papeles fotográficos por efecto de las operaciones de exposición, revelado y fijado. Sólo recordaremos que la curva característica de los materiales sensibles viene dada para un tiempo de exposición constante (o, en su defecto, para una iluminación constante) por la ecuación:

$$n = A + \gamma \log E.$$

siendo n la densidad o efecto producido a causa de la opacidad ocasionada por la cantidad de plata reducida y que se demuestra que vale, en el límite:

$$n = \log O.$$

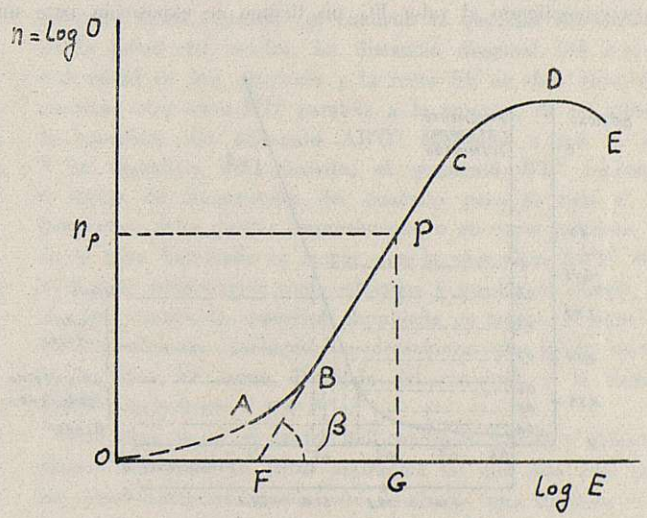


Fig. 2

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

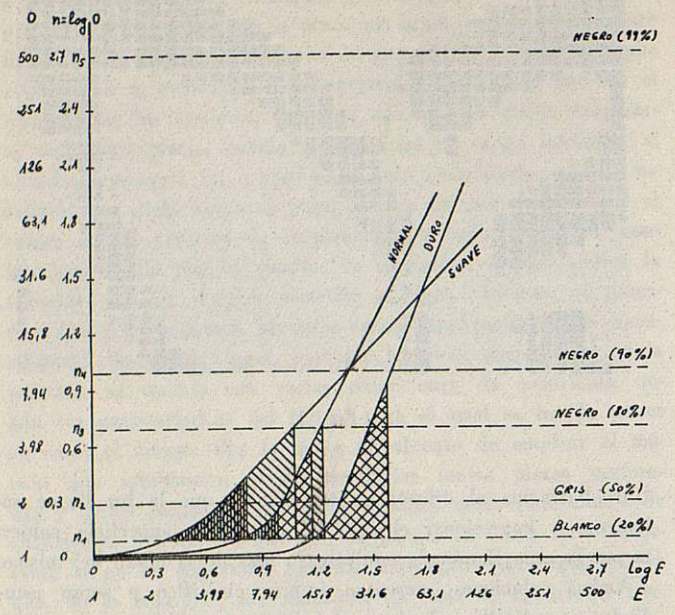


Fig. 3

siendo O la opacidad o relación entre las intensidades luminosas incidente y emergente. En la ecuación señalada, E es la cantidad de luz en lux-segundo y γ el contraste. Se supone que se cumple aproximadamente la Ley de Bunsen-Roscoe y que la cantidad de plata reducida es proporcional a E, o mejor, a $E \cdot t^p$, según Schwarzchild, siendo t el tiempo en segundos y p un exponente comprendido entre 0,8 y 1,3.

En la figura 2 se representa gráficamente dicha ecuación, y en la curva sensitométrica pueden distinguirse perfectamente las zonas de iluminación insuficiente (OA), de iluminación conveniente (ABC), de iluminación excesiva (CD) y de solarización (DE). El contraste γ es la tangente del ángulo β formado por la parte recta de la curva característica (BC) con el eje de las abcisas.

La densidad para un punto P de la curva vale:

$$n_p = FG \cdot tg\,\beta = t \cdot tg\,\beta.$$

correspondiendo al valor FG un tiempo de exposición para una

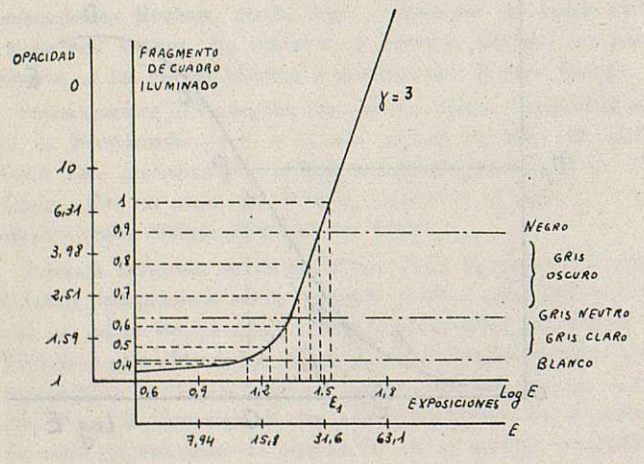


Fig. 4

iluminación constante (o viceversa). Por ello, cuando el contraste equivale a la unidad ($\beta = 45^o$), la densidad crece proporcionalmente a la exposición, pero cuando $\beta > 45^o$ y, por tanto, $\gamma > 1$, la densidad crece exageradamente en relación con la exposición, dando imágenes duras, mientras que cuando $\beta < 45^o$, y $\gamma < 1$ ocurre lo contrario y la imagen pierde cloroscuro.

Normalmente, el constraste vale la unidad en los papeles suaves (1,4). Existen papeles y placas en el mercado con contrastes más débiles (igual o menor que 1) con la denominación de muy suaves. Los papeles llamados normales tienen un contraste igual a 2 y los duros entre 2 y 3. Para los papeles muy duros el contraste es mayor que 3.

Las operaciones de revelado, la existencia de bromuro potásico en el baño y las operaciones de refuerzo y debilitadores modifican la inclinación y aun la forma de la curva característica. Los reforzadores, principalmente el bicloruro de mercurio y amoníaco, hacen que tienda hacia la vertical; los debilitadores, al contrario, disminuyen la inclinación, particularmente el bisulfato.

Sentado lo que precede a título de generalidades sobre esta cuestión, analizaremos y aplicaremos dichos conceptos al caso que nos ocupa.

Veamos lo que ocurre al impresionar un cuadrito que no haya de ser considerado como tomado, pero que, al recibir una cierta iluminación, se impresiona. Cuando un cuerpo, al recibir la luz, refleja un 1,4 % de las radiaciones, se considera como un negro perfecto. Basta que absorba un 95 % de rayos para que se considere como negro. Al mismo tiempo, un gris que absorba un 10 a 20 % de rayos puede considerarse como blanco.

Suponiendo que para el gris neutro la opacidad valga 2 (intensidad emergente, mitad de la incidente), tendremos, aplicando igual criterio para el negro práctico (80 % de absorción), que la opacidad vale 5 y para el blanco práctico (20 % de absorción), un valor para la opacidad equivalente a 1,25.

Tomando, pues, los logaritmos de estas opacidades, tendremos las correspondientes densidades que representamos por n_1 para O = 1,25, n_2 para O = 2 y n_3 para O = 5, tendremos dividida la escala de opacidades de modo que nos será fácil observar en las curvas el grado de gris alcanzado para una exposición determinada. Puede completarse la escala para los grises con un 90 % de absorción y un 99 % de absorción (negros en realidad), representados por n_4 y n_5, respectivamente.

Veamos ahora (Figura 3) sobre qué clase de papel y sobre, qué zonas de las curvas convendría trabajar para resolver el problema planteado por los cuadros grises que aparecen en el contorno del dibujo y que llamamos «grises indebidos».

Considerando constante t es indudable que E dependerá directamente de la superficie iluminada. Nos conviene que para valores menores que 0,5 S (siendo S la iluminación correspondiente a un cuadrito lleno), el papel no quede impresionado.

Como puede verse en la figura, ello exige trabajar lo más próximo posible al comienzo de la zona de exposición conveniente, calculando el tiempo de tal manera que para valores de 0,5 S quede justamente impresionado el cuadrito. Consideramos siempre como impresionadas aquellas zonas en que el valor de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

la densidad *n* sea mayor que 0,1, equivalente a una opacidad de 1,26 (gris de un 20 % de absorción, prácticamente blanco).

En la figura 3 puede verse con claridad lo que acabamos de expresar. Tenemos, en la misma, las curvas correspondientes a tres clases de material fotográfico: suave, normal y duro. La zona de trabajo que corresponde a la condición antes expresada está rayada en ambos sentidos, en cada una de las curvas. En seguida observamos que únicamente el material duro nos da, para la exposición completa del cuadrito, una opacidad tal que corresponda a una tonalidad prácticamente negra. Para lograr lo propio con los otros materiales hay que operar con mayor exposición (rayado inclinado) y entonces aparece una zona de grises indebidos correspondientes a valores de la iluminación menores que 0,5 S (rayado vertical), lo que no es correcto. Por ello debe emplearse material lo más duro posible.

En la Figura 4 tenemos el análisis de un material de esta clase ($\gamma = 3$). En dicha figura se han determinado los valores de la opacidad que corresponden a cada décima de cuadrito iluminada. Como puede verse, existe una cuña de grises para valores comprendidos entre 0,5 S y S. Para valores de 0,4 S ya no queda prácticamente impresionado el papel (opacidad menor de 1,26). Los resultados se expresan, asimismo, en la tabla siguiente, con expresión de la tonalidad correspondiente a cada décima de cuadrito iluminada.

Fracción de cuadrito	E	Log. E	Log. O	O	% I	% Absorción	Tonalidad
1,—	34,6	1,54	0,84	6,92	14,5	85,5	Negro
0,9	31,1	1,49	0,70	5.02	20,—	80,—	Negro
0,8	27,6	1,44	0,56	3,63	27,5	72,5	Gris osc.
0,7	24,2	1,38	0,40	2,51	39,8	60,2	Gris osc.
0,6	20,8	1,32	0,28	1,91	52,5	47,5	Gris
0,5	17,3	1,24	0,16	1,45	69,5	30,5	Gris pal.
0,4	13,8	1,14	0,08	1,20	83,5	16,5	Blanco

De todo lo dicho se deduce que en las puestas en carta fotográficas obtenidas mediante el sistema que acabamos de discutir deben considerarse todos los grises como tomados, ya que corresponden a cuadritos iluminados más de la mitad.

El tiempo de revelado influye en la pendiente de la curva: a mayor tiempo de revelado, mayor inclinación. Influyen, asimismo, la cantidad de álcali y la temperatura, ya que al incrementar la cantidad de álcali se aumenta el contraste y al aumentar la temperatura, al contrario, el contraste disminuye. También es necesario escoger cuidadosamente el revelador que se utilice. El metol y la hidroquinona aumentan el contraste. En suma, estudiando cuidadosamente el material fotográfico, la exposición en sus dos factores, iluminación y tiempo, y el revelado en sus distintas facetas, puede lograrse la solución de las dificultades señaladas al comienzo. No entramos en detalles sobre este asunto para no alargar con exceso el presente trabajo. Sólo indicaremos los resultados obtenidos en nuestro laboratorio trabajando con un sensitómetro especial, para diversos tipos de material fotográfico y variando las condiciones antes señaladas de intensidad luminosa y tiempo de exposición. Como puede verse estudiando la tabla que sigue, existen diversos casos que responden exactamente al objeto definido.

Material empleado (papel al bromuro)	Intensidad luminosa	Distancia cms.	Tiempo seg.	Menor fracción visible de cuadro
Agfa Brovira extraduro....	60 watios	30	10	0,1
» » »	» »	»	9	0,2
» Lupex estraduro	» »	»	5	0,4
» Brovira extraduro....	» »	»	4	0,3
» » Matt extraduro.....	» »	»	1	0,4
» Brovira Matt extraduro.....	» »	40	1	0,5
» Lupex extraduro.....	» »	30	4	0,5
» Brovira Matt extraduro.....	» »	45	1	0,6
» Brovira Matt extraduro.....	» »	30	1/2	0,7
» Brovira Matt extraduro.....	» »	50	1	0,7

El manantial luminoso empleado fué una lámpara eléctrica de filamento metálico con gas inerte en su interior, de la potencia indicada en el cuadro. El material fotográfico utilizado fué papel al bromuro, por ser el más corrientemente empleado y el de más fácil manejo.

Acabamos de ver cómo se puede resolver el problema de la nitidez del contorno a los efectos de la lectura de la carta, por medio de la cuña de grises. Sin embargo, puede resolverse más eficazmente por medio de la interposición de un filtro-diafragma, como vamos a estudiar seguidamente.

b) Procedimiento del filtro-diafragma.

El contorneado por el método de la cuña de grises, pese a su fundamento racional, no es totalmente práctico, porque aparecen casi siempre dos o tres tonalidades de gris, y aunque estos grises deben ser considerados como «tomados», siempre es una dificultad para la lectura de la carta. Ello hizo pensar en buscar otra solución más perfecta del problema de los grises indebidos, y dió lugar al procedimiento del filtro-diafragma del que nos vamos a ocupar.

Sea (Fig. 5) ABCD el cuadro correspondiente a un cuadrito de la carta. Hemos dicho, en varias ocasiones, que debía considerarse como «tomado» el cuadrito si quedaba iluminada más de la mitad del cuadro. La distancia diagonal DB representa esta mitad en una dirección y la recta EF en otra dirección. Si trazamos otra recta B'D' paralela a la anterior, de tal guisa que la superficie del triángulo AB'O' equivalga a 0,4 S, siendo S la superficie del cuadrito, el segmento B'D' representará el límite de iluminación del cuadrito para el cual el papel fotográfico debe quedar impresionado, o en otras palabras, cuando la zona iluminada es menor que la superficie AB'D' el cuadrito debe considerarse como «dejado» y quedar en blanco, mientras que cuando la superficie iluminada es mayor, el papel debe ser impresionado. Análogas consideraciones cabe hacer, suponiendo la línea EF como dirección del contorno, y la superficie ABE'F' equivalente a 0,4 S.

Pues bien, si en el centro del cuadrado ABCD y delante del difusor colocamos un filtro diafragma tal que sólo deje paso a los rayos luminosos cuando esté iluminada una fracción de cuadro mayor que 0,4 S, y precisamente en el centro del mismo, lo-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

graremos limitar los grises indebidos, que sólo aparecerán en aquellos cuadros cuya iluminación esté comprendida entre 0,4 S y 0,6 S. Podríamos, colocando diafragmas de dimensiones adecuadas, limitar entre 0,45 S y 0,55 S la zona de grises, pero debe tenerse en cuenta que la limitación en las dimensiones del diafragma implica el aumento, ora de la cantidad de luz incidente, ora del tiempo de exposición, lo cual resultaría en detrimento de la velocidad de trabajo, y, por consiguiente, disminuiría la principal ventaja del método fotográfico, que es la rapidez.

En las consideraciones que siguen se toma como límite el valor 0,4 S para la superficie de la zona iluminada, sin que ello quiera decir que no se pueda modificar dicho valor. Las consideraciones son las mismas, variando únicamente el valor del coeficiente que afecta el de la superficie S.

En realidad, aparecerán grises indebidos para iluminaciones comprendidas entre 0,4 S y 0,5 S. Además, sirve todo lo indicado en el estudio sensitométrico anterior.

Estudiemos la forma y dimensiones del diafragma.

Sea (Fig. 6) el diafragma en forma circular y vayamos al cálculo de sus dimensiones. Supongamos el contorno en la dirección de la diagonal BD. Sea MN la recta que limite la magnitud del diafragma, para la cual se verifica:

$$\frac{\text{Área ABD}}{0{,}5} = \frac{\text{Área AMN}}{0{,}4}$$

si llamamos L al lado del cuadrado ABCD, tendremos.

$$\text{Área ABD} = \frac{L^2}{2}$$

por otra parte

$$\text{Área AMN} = \frac{AM^2}{2}$$

por lo que, substituyendo en la ecuación primitiva, se tiene:

$$L^2 = \frac{AM^2}{0{,}8}$$

de donde:

$$AM^2 = 0{,}8 \,.\, L^2 \quad \text{y} \quad AM = 0{,}89 \,.\, L.$$

y el radio r del diafragma vale:

$$r = ND \,.\, \cos 45^\circ = ND \,.\, 0{,}707.$$

pero como que:

$$ND = BM = AB - AM = L - 0{,}89 \,.\, L = 0{,}11 \,.\, L$$

substituyendo:

$$r = 0{,}11 \,.\, L \,.\, 0{,}707 = 0{,}777 \,.\, L:$$

y el diámetro:

$$d = 2 \,.\, r = 0{,}155 \,.\, L.$$

Supongamos ahora que la dirección del contorno tiene lugar según la recta EF (Fig. 7), y de tal modo trazamos MN que se verifica:

$$\frac{\text{Área ABEF}}{0{,}5} = \frac{\text{Área CDNM}}{0{,}4}$$

llamando del mismo modo L al lado del cuadrado se tiene:

$$L^2 = \frac{\text{Área ABEF}}{0{,}5}$$

pero, por otra parte:

$$\text{Área CDNM} = L\left(\frac{L}{2} - r\right)$$

Substituyendo y simplificando:

$$0{,}4 \,.\, L = \frac{L}{2} - r$$

de donde despejando r:

$$r = 0{,}1 \,.\, L.$$

y el diámetro:

$$d = 2 \,.\, r = 0{,}2 \,.\, L.$$

Como podemos ver, suponiendo el diafragma circular, obtenemos dos distintos valores para su diámetro, según que la dirección del contorno sea paralela a BD o a EF, que son las dos direcciones límite que el tal contorno puede adoptar. Los valores

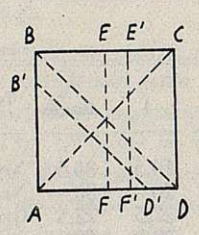


Fig 5

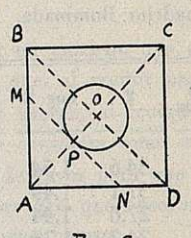


Fig 6

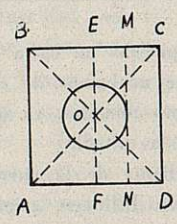


Fig 7

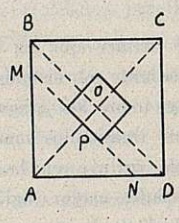


Fig 8

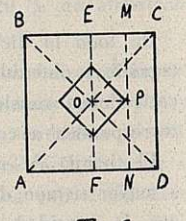


Fig 9

hallados para el diámetro demuestran que éste debe estar comprendido entre

$$0{,}155 \,.\, L \text{ y } 0{,}2 \,.\, L$$

Ello indica claramente que el diafragma circular, con todo y ser el más sencillo, no es el más adecuado.

Supongamos, ahora, que la forma y disposición del diafragma es la que indica la Fig. 8, o sea cuadrado y supongamos que el contorno está alineado según BD y sea MN la paralela a aquella diagonal, y para la que se cumple:

$$\frac{\text{Área ABD}}{0{,}5} = \frac{\text{Área AMN}}{0{,}4}$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

si llamamos D al lado del diafragma y L al del cuadrito, tendremos:

$$\text{Área ABD} = \frac{L^2}{2}$$

$$\text{Área AMN} = \frac{AM^2}{2}$$

substituyendo y simplificando se tiene:

$$L^2 = \frac{AM^2}{0{,}8}$$

de donde:

$$AM = 0{,}89 \cdot L$$

y como el lado D del diafragma vale

$$D = 2 \cdot PO = 2 \cdot ND, \cos 45^\circ = 2\,(L - 0{,}89 \cdot L) \cdot 0{,}707 = 0{,}155\ L$$

o sea que se obtiene en este caso para D el mismo valor que hemos hallado para el diámetro del diafragma circular (0,155 L).

Ahora bien, si consideramos el contorno según EF y su paralela MN (Fig. 9), de tal forma que se pueda escribir:

$$\frac{\text{Área ABEF}}{0{,}5} = \frac{\text{Área MNCD}}{0{,}4}$$

tenemos que como

$$\text{Área ABEF} = \frac{L^2}{2}$$

y, por otra parte:

$$\text{Área NMCD} = L \cdot MC$$

Substituyendo y simplificando:

$$L^2 = \frac{L \cdot MC}{0{,}4}$$

pero:

$$MC = \frac{L}{2} - OP$$

y

$$OP = \frac{D}{\sqrt{2}}$$

substituyendo se tiene:

$$L^2 = \frac{L\left(\frac{L}{2} - \frac{D}{\sqrt{2}}\right)}{0{,}4}$$

de donde se puede despejar el valor de D en función de L

$$D = 0{,}14 \cdot L$$

La diferencia entre los dos valores de D: 0,14 L y 0,155 L es muy pequeña, tanto más si tenemos en cuenta que L no vale, en la práctica, más que 1,5 a 2 mm. como máximo. Ello nos indica que la forma y disposición del diafragma que estudiamos se acerca más a la realidad que la circular. En realidad, el diafragma debería estar constituído por un cuadrado de lados curvilíneos, pero en la práctica es suficiente y, desde luego, mucho más sencillo adoptar el cuadrado en la forma señalada en las Figs. 8 y 9. El valor medio entre los hallados en las posiciones límite del contorno se acerca en números redondos a 0,15 L.

No obstante, vamos a desarrollar una deducción que nos permita hallar la ecuación de la curva que idealmente limitaría el diafragma, substituyendo los lados rectos del cuadrado de las deducciones anteriores.

Sea (Fig. 10) O el centro del diafragma, que, a su vez, es el origen de coordenadas correspondientes al sistema cartesiano X Y. Acabamos de ver que cuando suponemos el diafragma circular, el diámetro se halla comprendido entre 0,155 L para una posición y 0,2 L para la otra, y que cuando el diafragma es cuadrado varía su lado entre 0,14 L y 0,155 L, o sea aproximadamente 0,15 L. Para simplificar la cuestión supondremos que L vale 1, y partiremos, asimismo, de la base de que para el diafragma circular el diámetro varía entre 0,15 L y 0,2 L, o sea 0.15 y 0,2. También supondremos que para el diafragma cuadrado el lado vale 0.15. Debe tenerse en cuenta que por ser siempre L muy pequeño (menor de 2 mm.), el máximo error que

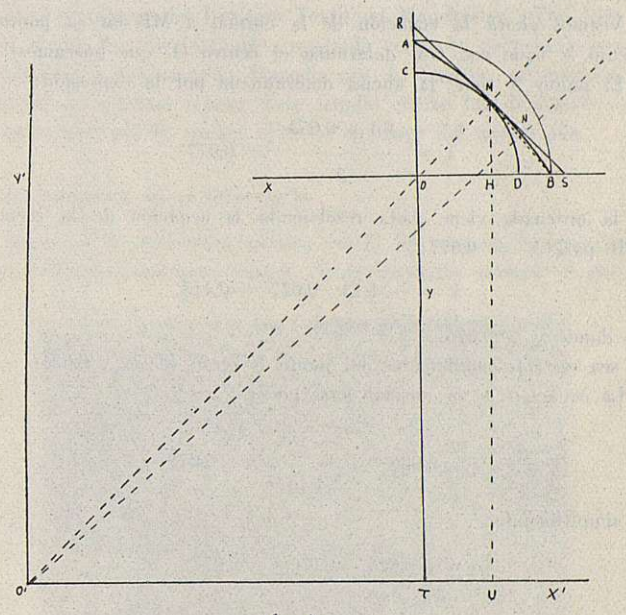


Fig. 10

se comete en el primer caso es de 0,01 mm. y en el segundo de 0,02 mm., lo que prácticamente carece de importancia.

Supondremos, pues, que los dos límites del diafragma circular vienen representados por las circunferencias de radios OC y OA, respectivamente iguales a 0,075 y 0,1, y que el lado del cuadrado, en el caso de diafragma de esta forma, es RS, que vale 0,15.

El perfil del diafragma supondremos que tomará muy aproximadamente la forma de un arco de circunferencia, que pasará por los puntos A, M y B, siendo tangente en M a la recta RS. Veamos la ecuación de esta circunferencia referida a los ejes X e Y.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Para ello tenemos que OS vale

$$OS = RS \cos 45^\circ = 0{,}707\ RS.$$

Pero RS vale, como sabemos, 0,15 y, por tanto:

$$OS = 0{,}707.\ 0{,}15 = 0{,}106.$$

Si por M bajamos la perpendicular MH, este punto H, como que RM = MS, OH = HS, o sea que HS = 0,5, . 0,106 = 0,053, por ser M el punto medio del segmento RS.

El centro de la circunferencia, determinada por los puntos A, M y B, se hallará en la intersección de la recta OM con la mediatriz del segmento MB. Vamos a ver la ecuación de la recta MB.

Conocemos de esta recta dos puntos: M (0,053, 0,053) y B (0, 0,1). Por tanto, la ecuación de esta recta será:

$$(y - 0{,}053) = \frac{-0{,}053}{0{,}1 - 0{,}053}(x - 0{,}053)$$

y simplificando:

$$(y - 0{,}053) = -1{,}13\,(x - 0{,}053)$$

y

$$y = -1{,}13\,.\,x + 0{,}113$$

Veamos ahora la ecuación de la normal a MB en su punto medio N (que con OM determina el centro O' que buscamos):

El punto N tiene la abcisa determinada por la expresión:

$$x = \frac{0{,}1 + 0{,}053}{2} = 0{,}077$$

y la ordenada viene dada resolviendo la ecuación de la recta MB para $x = 0{,}077$:

$$y = -1{,}13\ .\ 0{,}077 + 0{,}113$$

de donde $y = 0{,}026$.

O sea que las coordenadas del punto N serán (0,077 y 0,026).

La ecuación de la normal será, pues:

$$y - 0{,}026 = \frac{-1}{-1{,}13}(x - 0{,}077)$$

y simplificando:

$$y - 0{,}026 = 0{,}89\,(x - 0{,}077)$$

y

$$y = 0{,}89\,.\,x - 0{,}042.$$

Por otra parte, es evidente que la ecuación de la recta OM es $x = y$.

Por tanto, el punto de intersección entre las rectas OM y O'N deberá satisfacer las ecuaciones de las rectas respectivas, o sea

$$x = y$$

$$y = 0{,}89\,.\,x - 0{,}042$$

que ocurre para el punto O' (— 0,38, — 0,38). Este es el centro de la circunferencia que buscamos.

Por otra parte, en el triángulo O'MU tenemos:

$$O'M = \frac{OU}{\cos 45^\circ}$$

pero OU = 0,38 + 0,053 = 0,433,

de donde

$$O'M = \frac{0{,}433}{0{,}707} = 0{,}61$$

Este es el valor del radio de la circunferencia que nos ocupa. Su ecuación referida a los ejes X' Y' será:

$$x'^2 + y'^2 = 0{,}61^2 = 0{,}372$$

Cambiando los ejes en los primitivos X e Y tendremos, para la curva, la ecuación:

$$(x + 0{,}38)^2 + (y + 0{,}38)^2 = 0{,}372$$

que simplificada se convierte en:

$$x^2 + y^2 + 0{,}76\,(x + y) - 0{,}082 = 0$$

Esta es la ecuación de la curva del perfil del diafragma referida a los ejes X, Y. Para valores de L distintos a la unidad tendremos:

$$x^2 + y^2 + 0{,}76\,.\,L\,(x + y) - 0{,}082\,.\,L^2 = 0$$

En las experiencias realizadas se ha operado con valores de L equivalentes a 2 mm. Por dificultades surgidas y fácilmente comprensibles, tratándose de un modesto laboratorio particular, fué preciso operar con diafragma circular y con valores del diámetro de 0,4 L. Ello implicaba la aparición de grises indebidos, puesto que se ampliaba la zona iluminada. A pesar de ello, los resultados fueron altamente satisfactorios y, como puede verse en la Fig. 11, el contorno obtenido resultó de una perfecta nitidez y sin cuadritos dudosos.

Sometemos a la consideración de nuestros lectores la diferencia existente entre el contorno de la Fig. 1 y el de la Fig. 11 para que puedan darse cuenta del progreso realizado que permite abrigar las más halagüeñas esperanzas acerca de la posibilidad de llevar a la práctica la puesta en carta fotográfica por el procedimiento de la luz difusa. Debemos señalar que las pruebas se presentan sin cuadriculado de fondo para mayor claridad, sin que ello indique que dicho cuadriculado no pueda obtenerse fotográficamente. En tiempo oportuno publicaremos la descripción del dispositivo empleado y, en general, del procedimiento en sí, que es realmente muy sencillo.

En el mismo se halla prevista la obtención fotográfica del cuadriculado, la posibilidad de obtener puestas en cartas pintadas a masas o con todos los efectos de ligamento detallados. También se ha previsto la posibilidad de trabajar con diversas reducciones de cuadrícula y, en general, se han procurado solventar todos los inconvenientes de los antiguos procedimientos. El día en que el proceso fotográfico en colores haya alcanzado el grado de divulgación suficiente para su aplicación en gran escala en el campo industrial, este procedimiento alcanzará una perfección casi absoluta.

Otro procedimiento para la puesta fotográfica fué ideado por el autor de estas líneas en 1948, más complicado que el anterior y basado en el principio que rige el tisaje eléctrico mediante la máquina Jacquard eléctrica. No presenta, por otra parte, problemas de orden fotográfico que resolver, y por ello, y dada la ya considerable extensión del presente trabajo, nos limitamos a dar fe de su existencia.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

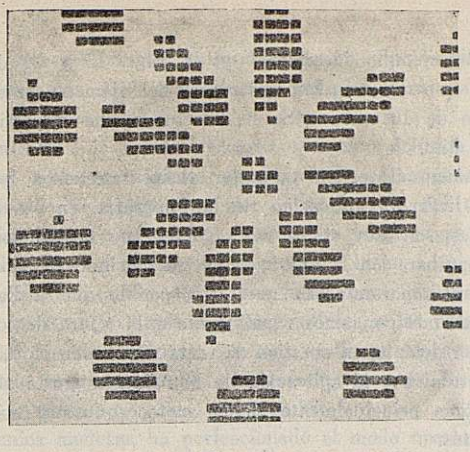


Fig. 11

Tal es el estado actual de la puesta en carta fotográfica, problema ya abandonado, pero que es susceptible de ser nuevamente estudiado y que ofrece problemas de carácter técnico-científico sumamente interesantes como los que hemos planteado y resuelto a lo largo de los párrafos anteriores. No ha salido todavía del laboratorio, pero su aplicación industrial es factible. Se ha progresado, pues, enormemente desde los intentos de Sczepanick y Borzykowsky.

Sentado lo cual, pasaremos al estudio del estado actual de otras interesantes aplicaciones de la fotografía en los procesos industriales textiles.

El desarrollo fotográfico de dibujos a lizos.

En 1945, el autor del presente trabajo patentó un procedimiento para desarrollar fotográficamente dibujos a lizos. Este desarrollo se efectúa por medio de un aparato que llamamos «Fototransposítógrafo», que fué ideado en 1937, casi en la misma época que el procedimiento de la luz difusa para la puesta en carta fotográfica.

El problema que se resuelve con el fototranspositógrafo pertenece de lleno al campo industrial, a pesar de que no sea ajeno a la investigación. Con dicho aparato queda muy simplificada la labor del teórico en tejidos, puesto que pueden desarrollarse con gran rapidez y seguridad los ligamentos o dibujos de lizos una vez conocidos el remitido y el picado, y se pueden obtener nuevos ligamentos por transposición de hilos o pasadas una vez conocidos el ligamiento inicial y la ley de la transposición y, además, amalgamados de todas clases, conociendo los ligamentos que deben amalgamarse y la relación en que deben combinarse sus elementos. Todas estas operaciones realizadas manualmente son lentas y engorrosas y propensar a la comisión de abundantes errores.

El fundamento de este aparato consiste en fotografiar en un «chiché», película o papel fotográfico, una a una y en el lugar que les corresponde, la evolución de cada uno de los hilos de que está compuesto el ligamento, para lo cual se hace uso de una cámara fotográfica especial, en la que se da paso a la luz a través de una rendija cuya anchura abarque la de un hilo del ligamento y cuya longitud sea igual al curso que debe tener por trama el ligamento resultante. Una platina móvil, que lleva el papel fotográfico, puede deslizarse a lo largo de unas guías, presentando ante la rendija sus distintas zonas. Solidario con la platina va un índice que corre sobre un marco en el que se coloca el remetido. Ante la rendija y entre ésta y la platina móvil va colocado el obturador, y entre estos dos últimos se desliza el picado pintado en una placa transparente y puede presentar ante la rendija cada uno de sus hilos.

No detallaremos, por haberlo sido en otras ocasiones, el modo operatorio, que es ligeramente distinto según los casos y la índole del dibujo que vaya a desarrollar. En esencia ya hemos dicho que consiste en fotografiar la evolución de cada hilo en el lugar o lugares corespondientes. Como muestra de un ligamento desarrollado por medio del fototranspositógrafo, insertamos en la Figura 12 uno de ellos, desarrollado teóricamente por medio de las reglas de Delamare-Debouteville. Las ventajas que presenta el procedimiento que nos ocupa son muy notables; la más notable de ellas, la rapidez, ya que dibujos que manualmente requerirían muchas horas de trabajo, pueden desarrollarse en unos minutos. Por otra parte, es un valioso auxiliar para el investigador de nuevos dibujos y ligamentos, tanto en la industria como en la escuela, por lo que su utilización es ventajosa, tanto a los industriales como a los técnicos, a los profesores y a los alumnos.

Del interés despertado en el extranjero por este procedimiento, divulgado a través de la revista española «Ingeniería Textil» y de la francesa «L'Industrie Textile», es buena prueba el estudio crítico sobre el mismo que, en su número de marzo de 1948, publicó el órgano del Instituto Textil de Mánchester, «The Journal of the Textile Institute», reputado como la primera revista técnico-textil del mundo; firmado por A. Shorter, personalidad técnica del máximo relieve. Este estudio crítico fué divulgado en nuestro país por la revista «Textil» en mayo del mismo año.

La fotografía en el laboratorio.

Acaso es la aplicación técnica textil del proceso fotoquímico que presenta importancia mayor. No es necesario destacar el gran

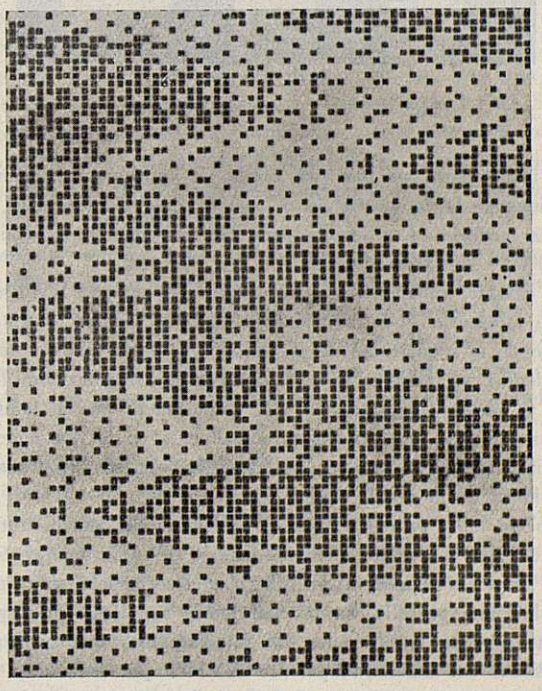


Fig. 12

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

papel que la fotografía juega en el análisis microscópico de las fibras textiles. La fotomicrografía, en sus distintos aspectos, es un factor esencialísimo para el conocimiento de la estructura morfológica de las fibras textiles y para el estudio de todos los fenómenos, tanto físicos como químicos, a que pueden estar sujetas a lo largo de los procesos de su manufactura.

La relativamente reciente invención del microscopio de electrones ha llevado este terreno de la microfotografía hasta límites insospechados, permitiendo llegar en el conocimiento de la estructura más íntima de las fibras.

Otra aplicación cada vez más utilizada de la fotografía en el laboratorio se refiere a la roëntgenografía de las fibras, hilos y tejidos en sus diversos aspectos, desde la utilización de rayos blandos para obtener la microestructura de la fibra, hasta los fotodiagramas roëntgenoscópicos por difracción, que han permitido y permiten a diario conocer nuevas propiedades y explicar nuevos fenómenos relacionados con la química y físicoquímica de las fibras.

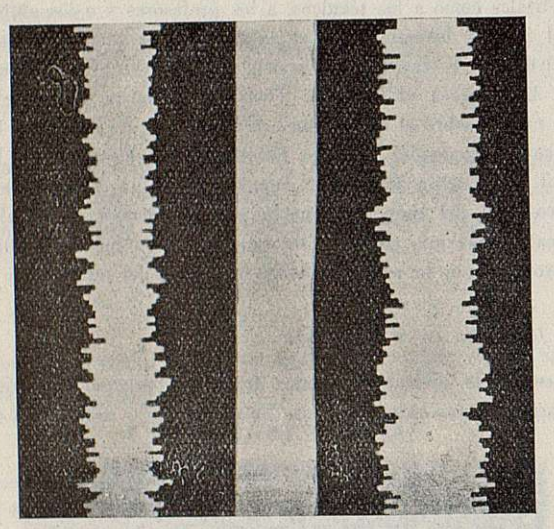


Fig. 13 Fig. 14

No insistiremos, pues, en este campo de aplicaciones sumamente conocidas de la fotografía en el campo de la técnica textil. Con su sola mención es suficiente para dar una idea de su gran importancia y trascendencia.

En cambio, señalaremos otro campo del análisis textil en el que la fotografía va introduciéndose con buen éxito. Se trata del estudio de la regularidad de los hilos. Un cierto número de procedimientos y aparatos para determinar la irregularidad de los hilos y mechas, cuestión de alta importancia en la industria, utilizan métodos fotográficos, principalmente en lo que concierne a la obtención de diagramas en los cuales queden registradas las variaciones de la regularidad.

Uno de tales procedimientos es el propuesto por el autor al Comité Técnico de la Federación Lanera Internacional, y consiste en proyectar la imagen del hilo, con el correspondiente aumento, sobre una pantalla, en la cual puede acoplarse un dispositivo que permita la obtención de fotodiagramas que revelen las variaciones del diámetro aparente del hilo que se analiza. Para ello se impresionan fajas de 1 mm. de grueso y de longitud equivalente al diámetro, espaciadas regularmente a lo largo del hilo. Como ejemplo insertamos en la Figs. 13 y 14 dos fotodiagramas que registran las variaciones del diámetro de dos hilos a lo largo de 10 metros. Se ha efectuado una impresión cada 10 cm. de hilo.

En resumen, el terreno o, mejor dicho, terrenos a los cuales se puede llevar la aplicación de la fotografía, en los laboratorios textiles, son muy vastos y a no dudar no tardaremos en poderlo comprobar, con la aparición de nuevas innovaciones en este aspecto tan importante. Es necesario, por lo que a España se refiere, que nos pongamos rápidamente a la altura de los países que van por delante, en cuestión de tanta trascendencia. La microscopia electrónica y la aplicación de la roëntgenografía al estudio de las fibras principalmente, deben merecer nuestro más destacado interés.

La fotografía en la estampación.

Indudablemente, ésta es una de las aplicaciones de la fotografía o, mejor dicho, del fotograbado, que mayor importancia práctica ha llegado a alcanzar en lo referente a la industria textil.

Examinaremos esta aplicación desde dos puntos de vista: como auxiliar en la estampación o como estampación fotográfica propiamente dicha.

a) Como auxiliar en la estampación.

Se utilizan procesos fotoquímicos en la preparación de las plantillas en el estampado a mano y en el método llamado lionés y para la grabación de los cilindros de estampar a máquina.

En el estampado a mano, las plantillas acostumbran a estar constituídas por láminas de cinc de hasta 5 mm. de grueso, las cuales se sensibilizan aplicando sobre las mismas una capa de gelatina bicromatada y coloreada. Una vez sensibilizada la placa se procede a reproducir fotográficamente sobre ella el dibujo correspondiente, para lo cual se impresiona la placa exponiéndola a la luz solar en presencia de un «cliché» negativo del dibujo. Lavando luego con agua caliente la placa, queda formado el dibujo con todos sus detalles, lo que permite efectuar el taladrado por el procedimiento que más convenga, sin excluir el químico por ataque a la zona no recubierta de la placa, mediante un ácido.

Este sistema puede aplicarse industrialmente a todas las modalidades de estampación a base de plantilla perforada, ya sea aplicando el color con pincel, brocha o cepillo, por rasqueta o aerografía.

Pasaremos a continuación a considerar la obtención de las plantillas para la estampación lionesa por medios fotoquímicos. No debe olvidarse el gran incremento que en los últimos años ha tomado esta clase de estampación.

Hoy día está muy en boga esta clase de estampación, cuyas plantillas pueden ser obtenidas ventajosamente por procedimientos fotoquímicos.

Para construir las plantillas se empieza dibujando en una cartulina el dibujo completo coloreado. Después se obtienen copias parciales correspondientes a cada uno de los colores del dibujo. Para ello puede operarse fotografiando el dibujo completo y, sobre el «cliché», se recubren las partes que interesa conservar del mismo, destruyendo luego la imagen fotográfica restante mediante iodo, si se trata, como es corriente, de placas al bromuro.

De este modo pueden obtenerse tantos clichés parciales como colores presente el dibujo, cada uno de ellos para la obtención del correspondiente tamiz-plantilla por vía fotoquímica.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Puede operarse también calcando cada uno de los dibujos parciales sobre una placa de vidrio o material transparente y cubriendo las zonas convenientes.

La confección de las plantillas es operación delicada que debe efectuarse con las máximas garantías. Se recomienda para la sensibilización de la gelatina que cubre la gasa del tamiz, una disolución de cromato amónico exento de molibdeno, operar en la oscuridad o en luz amarilla y proceder luego a su exposición a la luz solar durante una o dos horas para lograr la impresión. La gelatina no atacada correspondiente a las partes cubiertas del dibujo es eliminada con agua caliente. Se agrega óxido de circonio como catalizador y se refuerza la capa de gelatina a base de formaldehido, con o sin alumbre.

La técnica moderna ha perfeccionado el modo operatorio introduciendo algunas variantes en el proceso. Existen tres procedimientos para el recubrimiento de la gasa del tamiz (de seda o bronce fosforoso) con la emulsión gelatinosa. El primero consiste en cubrir primeramente la gasa con la capa de gelatina que, una vez desarrollada como hemos indicado, se refuerza mediante un barniz celulósico. Es el procedimiento que podríamos llamar clásico.

El segundo método consiste en cubrir primeramente la gasa con el barniz y colocar sobre éste la capa sensible. Es el sistema hoy empleado, pues presenta varias ventajas sobre el anterior, entre ellas, la de facilitar retoques en caso necesario e incluso la repetición de las copias defectuosas sin ataque alguno de la gasa del tamiz.

El tercero, apenas empleado, propone la utilización de barnices sensibles como el asfalto sirio. Presenta el inconveniente de exigir largas exposiciones a la luz para su impresión.

Uno de los procedimientos más modernos utiliza, una vez recubierta la gasa con un barniz generalmente preparado especialmente para este uso a base de ésteres celulósicos, resinas sintéticas o a base de caucho, con objeto de hacerlas lo más inatacables posible, aplicar la emulsión sensible constituída a veces por albúminas al cromo ya preparadas o a base de bicromato amónico y gelatina con el óxido de zirconio como catalizador. El barniz hay que aplicarlo con rasqueta con el fin de hacer la capa lo más regular y uniforme posible. La aplicación de la emulsión sobre la gelatina debe ser efectuada en bastidores especiales y con sumo cuidado, y proceder en seguida a su secado y a su impresión. La duración de la exposición varía entre los 50 y los 100 segundos, según la potencia del foco luminoso y la distancia a que está colocado.

Impresionada la capa sensible se lava con agua caliente y luego con agua fría, siendo conveniente un secado rápido por medio de aspiradores adecuados. Después se disuelve, si es preciso, el barniz por medio de disolventes adecuados, tales como el acetato butílico, quedando la emulsión aplicada sobre la gasa tamiz.

En líneas generales pueden aplicarse análogos procedimientos para la obtención de plantillas taladradas, de las que nos hemos ya ocupado, modificando los detalles que la índole del procedimiento reclame.

El empleo de la fotografía para el grabado de los cilindros estampadores en el estampado a máquina no ha llegado todavía a su completa evolución y desarrollo en lo que respecta a la estampación de tejidos, habiéndose, en cambio, ya utilizado en la impresión del papel. Existen varios procedimientos, de los cuales citaremos el de Mertens y el de Rolff.

En el primero los rodillos son de acero cubierto por una ligera capa de cobre depositada por vía electrolítica. Se recubre el rodillo con una capa de gelatina bicromatada y después se le coloca encima la plantilla transparente con las partes del dibujo pintadas o bien obtenidas por medios fotográficos. La acción de la luz insolubiliza las partes no cubiertas por la imagen de manera que lavando después el rodillo con agua caliente quedan libres de gelatina las partes correspondientes al dibujo. Como reactivo de ataque se emplea el cloruro de hierro o el ácido nítrico, como se efectúa corrientemente cuando se trabaja al pantógrafo.

En el sistema de Rolff a tres colores se emplea el método tricromo, y la aplicación de los tres colores fundamentales se verifica asimismo fotográficamente. Con los tres rodillos se pueden obtener dibujos de varios colores. Este procedimiento no sabemos que se haya empleado en la estampación de tejidos.

b) Estampación fotográfica.

Esta modalidad de estampación se halla todavía en sus comienzos y ha salido poco del campo de la experimentación, aunque en algunos casos ha llegado ya al público.

La fotoestampación se funda en la sensibilidad a la luz de los colorantes diazoables y copulables y la particularidad de que la facilidad de copulación se destruye por la acción de las radiaciones luminosas.

Para su aplicación práctica, los tejidos teñidos con un colorante de esta clase y previa diazoación, se someten a la acción de la luz a través del negativo fotográfico que contiene el dibujo. Desarrollando después por medio de una amina o un fenol adecuados, se obtienen en el tejido efectos a un color sobre el fondo coloreado con distinto matiz, con la particularidad de que admite efectos sombreados de claroscuro y gradaciones de color, debido a haber sido sometido el tejido a intensidades luminosas variables.

Junto a la estampación por aerografía, es la única que admite estos efectos sombreados, si bien existe la limitación forzada en el número de colores.

Se han utilizado también los diazosulfonados, que sólo se copulan con un componente pasivo en presencia de la luz. Sin embargo, los más modernos experimentos se han efectuado con sales diazoicas de los colorantes del grupo de la primulina y los naftoles AS, y se han desarrollado, después de la exposición fotográfica, con una sal de fenol o amina.

Debemos señalar aquí los importante trabajos realizados en fototintura por un ingeniero textil español: nuestro estimado colega y profesor don Carlos Más Gibert, quien es autor de una patente sobre esta cuestión. En el pasado Congreso de Química Industrial, el señor Más presentó una interesantísima comunicación sobre la estampación fotográfica que mereció grandes elogios.

He aquí, pues, el nombre de un ingeniero español, íntimamente ligado a otra importante aplicación fotoquímica en la industria textil, que por su carácter es susceptible de dar mucho juego, ya que en el extranjero también se trabaja activamente en su puesta en práctica. Han aparecido ya las primeras manifestaciones de la estampación fotográfica, en forma de corbatas decoradas por este sistema.

No hay duda de que existe un porvenir muy amplio para la estampación fotoquímica y que a poco que se vaya perfeccionando no tardaremos en ver sus frutos.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

PORVENIR.—CONCLUSIONES

Hemos visto, a lo largo del presente trabajo, la evolución que ha seguido, desde su iniciación a finales del siglo pasado, la aplicación de la Fotografía a la Industria Textil, y hemos podido observar que los progresos han sido manifiestos, si bien poco visibles a causa de recaer en limitado número de especialidades, alguna de ellas poco conocida.

Hemos visto también que la aportación de la ingeniería española en el progreso realizado es considerable, lo que permite esperar para un futuro próximo un incremento notable en el actual volumen de las aplicaciones fotoquímicas en la industria textil, sobre todo en lo que respecta a aquéllas que ya hoy día tienen carácter industrial. Ello vendrá incrementado, asimismo, con nuevas aportaciones complementarias de las antedichas; todo ello facilitado por la existencia en nuestro país de una naciente y floreciente Industria Fotográfica, que resultará indudablemente beneficiada con la ampliación, cada vez mayor, del campo de sus actividades.

Barcelona, marzo 1950.

Después de su lectura, el autor desarrolla algún extremo del mismo trabajo, que fué objeto de excelente acogida por parte de los reunidos.

Seguidamente se lee la siguiente comunicación, núm. 87:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 87. - Estudio sobre las causas de rotura de cigüeñales en motores térmicos y de sus posibilidades de reparación

Autor: D. LUIS MERELO MÁS
Ingeniero Industrial

PREÁMBULO

La rotura del árbol cigüeñal en un motor térmico en funcionamiento es una avería que, sin ser muy frecuente, se presenta en bastantes ocasiones en motores de mucho servicio, y es tan importante, tan difícil el repuesto rápido de la pieza y tan larga la parada del motor por esta causa, que hemos considerado de interés dedicar este modesto trabajo a glosar la experiencia que del asunto tenemos.

A lo largo de mis años de taller he tenido ocasión de intervenir y reparar en más de treinta roturas de cigüeñales entre grandes y chicos, y la experiencia y diversidad de resultados obtenidos me ha incitado a escribir este sencillo trabajo, que si puede servir de orientación a algún técnico que se tenga que enfrentar con el problema, habrá más que de sobra llenado mis aspiraciones.

Para mejor desarrollo de nuestro estudio lo dividiremos en dos partes. En la primera estudiaremos las causas y las formas de rotura más frecuentes que se han presentado en la práctica. En la segunda desarrollaremos las diversas soluciones que hemos adoptado en la reparación de los cigüeñales rotos y señalamos los resultados obtenidos. Terminamos con un resumen de cuál es nuestro criterio sobre el tipo de reparaciones más adecuado en cada caso.

LAS ROTURAS

El examen de la zona de fractura, la forma de ésta y su posición relativa en el cigüeñal nos conducirán con grandes probabilidades de acierto a la localización de las causas de la avería y, con ello, a su eliminación.

Como avance y criterio fundamental no se debe olvidar que un motor de marca conocida tiene ampliamente dimensionado su cigüeñal y que toda rotura en motores de relativamente poco tiempo de servicio debe ser atribuída a causas anormales.

Para hacer un distingo obligado entre las diversas causas origen de las roturas, desde un punto de vista esencialmente mecánico e inmediato, clasificaremos las roturas en los siguientes tipos:

A) Roturas ocasionadas por fatiga de resilencia.
B) Roturas ocasionadas por resonancias.
C) Roturas ocasionadas por sobrecargas; y
D) Roturas ocasionadas por accidentes.

A) ROTURAS OCASIONADAS POR FATIGA DE RESILENCIA.

Los esfuerzos repetidos en sentido alternativo muy inferiores al límite de rotura del material, pueden ocasionar aquélla por su repetición frecuente. Éste es, en esencia, el fenómeno de resilencia.

Dentro de las roturas ocasionadas por este fenómeno hay que establecer dos grupos: la rotura ocasionada por resilencia cuando los esfuerzos que ocasiona ésta son los normales del motor, y la rotura ocasionada por resilencia debida a esfuerzos anormales.

a) Rotura por resilencia debida a esfuerzos normales.—Este tipo de rotura no es frecuente en motores estacionarios ni marinos, pues por lo general estas máquinas están, particularmente las antiguas, sobredimensionadas y sus coeficientes de trabajo muy por debajo del límite de resilencia.

En nuestra experiencia no hemos tenido ocasión de observar este tipo de roturas más que en cigüeñales de motores viejos de automóvil, instalados como motores estacionarios y con muchísimas horas de trabajo.

En uno de los casos, la fractura situada en el enlace de un cuello de cigüeñal con la «trucha» correspondiente, presentaba un aspecto de cristalización gruesa y brillante, que no dejaba lugar a dudas respecto al fenómeno de resilencia y recristalización que había tenido lugar en el acero de la pieza.

En general esta causa de avería es muy poco frecuente y hasta la fecha no he visto más que un solo caso claramente atribuíble a ella.

b) Rotura por resilencia debida a esfuerzos anormales.—Cerca del 90 % de las roturas de cigüeñales que he tenido ocasión de estudiar, puedo afirmar que han tenido como causa inmediata una fatiga de resilencia ocasionada por esfuerzos alternativos

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

anormales, debidos a deficiencias de funcionamiento o instalación.

Es notable observar que las causas primeras en muchas ocasiones han pasado inadvertidas durante mucho tiempo y que sólo se han investigado cuando la rotura brusca del cigüeñal ha obligado a ello. Más aún, ha habido ocasiones en que estas causas no se han encontrado con facilidad y se ha atribuído a defecto de materiales, lo que no era tal.

Como ejemplo de lo que decimos quiero recordar el caso de un motor Diessel, Crosley, monocilíndrico horizontal, de 40 HP., que rompió el cigüeñal por un defecto de asiento de un cojinete de apoyo, y la rotura no se manifestó hasta varias horas después de acaecida, y es que, desaparecido por la rotura el enlace geométrico que producía el esfuerzo anormal y al no trabajar a plena carga el motor, el resto del cigüeñal pudo aún continuar.

Vamos a estudiar ahora las causas mediatas capaces de ocasionar con más frecuencia estos esfuerzos anormales. Entre ellas se encuentran:

1.ª Defectos de fundación o anclaje.—Como ejemplo clásico de este defecto se puede citar el de las bancadas de motores marinos instalados en barcos de madera. La inmensa mayoría de las roturas de los cigüeñales de motores marinos es debida al forzamiento de las bancadas por los pernos de anclaje o por la deformación de las piezas durmientes sobre las que van sujetos. Nunca se aconsejará bastante la conveniencia de no apretar a fondo las tuercas más que después de estar la barca en el agua bastante tiempo, y de aflojarlas al entrar en varadero.

Ello ocasiona una desviación de cojinetes que al modificar su alineación obliga a los cigüeñales. Normalmente se produce un calentamiento en el cojinete más cargado, ocasionándose la destrucción de éste, pero hay otras ocasiones en que la pequeña desviación es compensada por la holgura que el cojinete adquiere sin llegar a su destrucción, y, en este caso, lo que ocurre es que el cigüeñal, al no apoyarse perfectamente en dicho cojinete desgastado, se encuentra sometido a esfuerzos superiores al aumentar la distancia entre apoyos y con ellos el valor del momento flexor que lo solicita.

Las roturas ocasionadas por resilencia son casi siempre de forma plana en su contorno y presentan en el interior, pero nunca en el centro de la pieza, alguna protuberancia en una de las partes o caras de la zona fracturada, y la oquedad correspondiente en la otra.

Su situación en el cigüeñal es generalmente la indicada en la figura núm. 1.

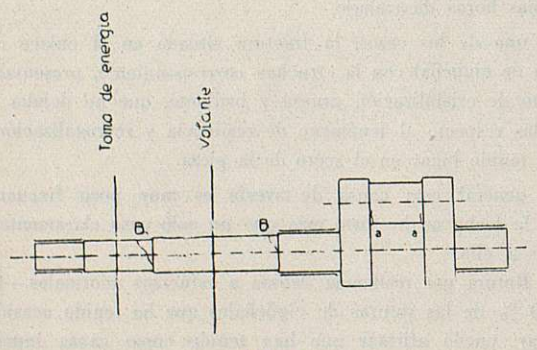


Fig. 1

La fractura se inicia en el punto *a*) y va progresivamente adentrándose por entre los cristales del material; este proceso puede durar bastante tiempo y se observa que esta primera zona es oscura y cubierta de óxido o de aceite quemado. Tras una zona de transición de muy escasa extensión, aparece finalmente en la parte *b*) la zona de fractura final, reciente, brillante y limpia, y que en los materiales de aceros aleados es francamente concoidea y en los aceros al carbono presenta en muchas ocasiones aspecto de cristalización gruesa y brillante. En los aceros de alta aleación la contextura es de grano fino y mate. Es muy frecuente atribuir a defectos del material este tipo de fracturas, interpretando la zona oscura de la fractura como una grieta vieja, defecto propio de la pieza. He tenido ocasión de mantener una discusión sobre este tema con motivo de la rotura de un árbol que trabajaba en voladizo, y fué necesario la segunda rotura por el mismo punto y en las mismas condiciones que el anterior para que mi contrincante se convenciera de que la rotura había sido originada por resilencia y no por defecto del material.

No cabe duda de que la fisura inicial tiene lugar en un punto o zona en donde, bien por finísimas huellas de la herramienta de torno, bien por algún microscópico defecto u oclusión del acero, se han concentrado tensiones capaces de iniciarla; por ello, es del mayor interés el realizar estos enlaces y cambios de seccion mediante acordes progresivos y perfectamente pulidos a ser posible rectificado, pero en definitiva podemos afirmar que las piezas con cambios de sección sometidas a esfuerzos alternativos llevan intrínsecamente en dichos puntos el germen de la rotura por resilencia.

Este proceso de fractura que se inicia lentamente, que va avanzando según una zona plana (ya que, en realidad, en nuestra opinión, el proceso de iniciación de la fractura por resilencia es sólo debido a los esfuerzos puros de flexión), debilita poco a poco la pieza hasta llegar a un punto en que la resistencia de la misma es insuficiente y la fractura brusca se presenta.

En este momento, es decir, cuando se presenta la fractura brusca, ya intervienen en ella los otros esfuerzos de torsión, cortadura, etc., a que puede estar sometida la pieza, y por esta razón la parte limpia de la fractura ya no es plana, sino que, como decíamos más arriba, presenta protuberancias y oquedades correspondientes.

También es digno de notar que iniciada la fractura generalmente por una parte de la periferia de la pieza, la fibra neutra de ésta se desplaza inmediatamente, y la grieta, avanzando por el mismo lado, va corriendo la sección útil hacia el opuesto, hasta que un esfuerzo de torsión, de flexión o de cortadura o todos juntos, rompen de golpe el trozo que queda.

Es característico de esta clase de fracturas por resilencia, el que la zona limpia de fractura reciente y final esté siempre descentrada.

Todo el proceso que acabamos de describir justifica también por qué piezas de acero al níquel de alta aleación, con alargamientos de más del 25 %, presenten roturas bruscas que parecen cortadas a cuchillo. Un ejemplo clásico de esta fractura es la tan frecuente de las puntas de los ejes posteriores de los coches automóviles antiguos, que aún no iban equipados con «paliers flotantes». Las fracturas de aquellos «paliers» antiguos eran siempre de la forma que hemos descrito, y en cambio, las fracturas de los «paliers flotantes» son siempre del tipo de las fracturas por torsión.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Ahora bien, cuando en un cigüeñal se presenta una fractura de este tipo, como quiera que estas piezas están calculadas incluso para los esfuerzos alternativos de resilencia, sobre todo, en los motores marinos y estacionarios, en los que no intervienen en el cálculo el número de horas de trabajo, hay que admitir que, si la fractura es por resilencia, su origen hay que buscarlo en causas anormales o en defectos de material.

En todos los cigüeñales que he observado rotos en esta forma, tan sólo uno de ellos presentaba una fisura interior paralela a las fibras de forja, y otro un agujero de engrase que debilitaba excesivamente el codo del cigüeñal y que fué precisamente el punto de la rotura; todos los demás cigüeñales estaban sanos y no presentaban anormalidad alguna que justificara su rotura.

Hubo que admitir en estos casos que esfuerzos anormales originados por causas no previstas en el proyecto del motor habían intervenido, máxime cuando otras unidades del mismo tipo permanecían en servicio.

Entre las causas observadas han aparecido algunas muy originales. Recordamos la rotura de un cigüeñal de motor de gasolina de 4 cilindros y 4 tiempos. Este motor «picaba biela» cuando se le forzaba un poco y tenía una marcha normal un poco dura. Si se retrasaba el encendido, el motor se calentaba y no funcionaba bien, y cuando se marchaba al «relanti» volvía a aparecer el picado de la marcha rápida. Al cabo de más de medio año de marchas en esas condiciones, se presentó un día la rotura del cigüeñal por el codo de unión del primer cilindro con el segundo. Investigada la causa de la rotura, no hubo manera de hallarla; todo estaba en su sitio y la fractura clarísima de resilencia aparecía injustificada. Todo hubiera quedado así, y probablemente en la oscuridad, si al realizar ocasionalmente, y aprovechando la parada, la limpieza e imantado de la magneto, no se hubiera hallado que las levas del ruptor estaban desigualmente caladas y que al poner en punto el encendido del primer cilindro, quedaban demasiado avanzados los del tres y el dos, ya que el orden de la chispa era uno, tres, cuatro, dos.

Por lo general, las causas de esfuerzos anormales, no atribuíbles a sobrecargas de trabajo, son debidas a deformaciones de las bancadas, como ya hemos dicho antes, bien por falta de rigidez de las fundaciones, bien por asiento desigual, bien, sobre todo, en los motores marinos, por deformación del lecho o durmiente sobre el que se funda el motor.

En los cigüeñales rotor por resilencia, el pronóstico de los resultados a lo largo de la reparación, es francamente pesimista; es necesario eliminar todas aquellas zonas de cambio brusco de sección, redondeando enlaces, rellenando rincones, eliminando agujeros, etc. En la segunda parte de este trabajo nos ocuparemos de la forma de reparación más recomendable.

B) ROTURAS OCASIONADAS POR RESONANCIAS.

La otra causa más frecuente de rotura de cigüeñales es la resonancia por torsión. No vamos a entrar en su distribución, por ser de sobra conocida, y su cálculo una de las partes más engorrosas del cálculo de cigüeñales. En nuestro estudio nos interesará deducir por la forma, situación, etc., de la rotura, su origen de esfuerzo de torsión, para estudiar la posibilidad de, eliminando la causa de la resonancia, garantizar el buen éxito de la reparación.

En general no se presenta más que en cigüeñales muy largos, y disminuye con el peso de los volantes. El riesgo es mayor en los motores policilíndricos, de poco volante, y, como avería histórica de este tipo puede citarse la de los cigüeñales de cuatro motores Diessel, de los cinco que lleva el «Graff Zeppelin», en su vuelo de pruebas sobre el Valle del Ródano. Se le habían modificado mediante platos de acoplamiento, para absorber las vibraciones, la unión de los cigüeñales con los ejes de las hélices; pero la solución fué contraproducente, pues no sólo los citados platos no absorbieron las vibraciones, sino que facilitaron la resonancia entre las dos piezas, cigüeñal y árbol de hélice, que, de haber estado rígidamente unidos, hubieran tenido menor frecuencia de vibración y, por ende, velocidad crítica inferior, que rebasada en la marcha normal, hubiera eliminado el riesgo. La aeronave regresó a su base con un solo motor.

En nuestra experiencia de rotura de cigüeñales no hemos conocido más que una rotura por torsión y resonancia en un pequeño motor de gasolina monocilíndrico, vertical, de 12 HP., al que se le había alargado el cigüeñal para colocarle un volante pesado, y una polea para accionar el embarrado de un taller, y un pequeño alternador de 7 KVA. Las oscilaciones de carga del alternador y, probablemente, la inercia del embarrado del taller, ocasionaron la rotura del cigüeñal por torsión pura en la sección del mismo más peligrosa, es decir, la del arranque del cuello del volante.

El aspecto de las roturas por torsión es totalmente distinto al de las de resilencia; la superficie de la rotura afecta aproximadamente la forma de un helizoide, como se puede apreciar en la figura, tanto en piezas macizas como en las formas tubulares, cuando se trata de piezas sana o sin rebajes, pero, aun en el caso de piezas con agujeros o entalladuras, estrías, etc., la rotura jamás se desarrolla en un plano normal al eje de giro.

C) ROTURAS OCASIONADAS POR SOBRECARGAS.

Cuando estas roturas presentan la zona de fractura entre el volante y la polea de accionamiento, su aspecto es el clásico de las roturas por torsión de resonancia, pero se diferencia de éstas en que la rotura por resonancia está generalmente situada entre el volante y los codos del cigüeñal, y la debida a sobrecarga brusca por torsión está más allá del volante, como se puede apreciar en la figura.

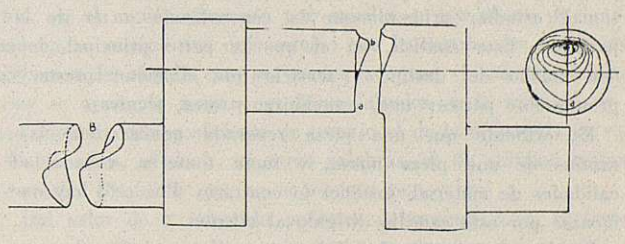


Fig. 2

Este tipo de roturas son debidas siempre a sobrecargas bruscas, enganchones de bombas, agarrotamiento de las máquinas movidas, etc. En cambio, las roturas debidas a sobrecargas prolongadas durante el trabajo son ocasionadas por la sobrecarga del cojinete de la biela, y presentan todos los caracteres de una

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

rotura por resilencia, si bien, como debidas a esfuerzos anormales, pueden presentarse en motores con poco tiempo de trabajo.

D) ROTURAS OCASIONADAS POR ACCIDENTES.

Ocupa un puesto importante entre las causas de roturas de cigüeñales los accidentes denominados fortuitos y que, si se estudian ciudadosamente, en la mayoría de los casos no lo son.

La rotura de los pernos del cojinete de biela es de bastante frecuencia, sobre todo en motores pesados, monocilíndricos de marcha lenta. Es debida, en la inmensa mayoría de los casos, a la constitución de una estructura cristalina basta en el seno del «bulón» que trabaja en caliente con extensiones alternativas. Este fenómeno es también frecuente en cadenas de elevación y en los vástagos de los martillos pilones de tipo antiguo; la solución es muy sencilla; basta con recocer de tiempo en tiempo (para los motores, cada 2.000 horas de trabajo) las piezas afectadas. Otra causa muy frecuente, y que es la que mayor número de averías produce, es el fallo del engrase, que, aun cuando no haya sido más que parcial, puede ocasionar, además de una sobrecarga peligrosa para el motor, holguras considerables en los cojinetes y repartición, como consecuencia de ellas, de los esfuerzos desigualmente.

Uno de los cigüeñales de cuya reparación me tuve que ocupar correspondía a un motor Crosley, de gas, horizontal, de 80 HP., 250 rpm. En esta máquina se presentó un calentamiento por defecto de engrase en el cojinete de apoyo del cigüeñal del lado contrario del volante. El maquinista, asustado por el fuego del aceite, lo apagó con agua fría. El cigüeñal se rompía al cabo de unos días por el enlace del muñón con la trucha.

Se puede asegurar que la inmensa mayoría de las roturas son debidas a negligencia, abandono del servicio, falta de vigilancia, etc.

Una vez que hemos hecho este somero estudio de las roturas de cigüeñales y sus causas más frecuentes, pasamos a ocuparnos de las posibilidades de reparación, de los medios y formas de efectuarlas en cada caso y del pronóstico que del resultado de la reparación se pueda hacer.

LAS REPARACIONES

Cuando a la dirección técnica de un taller se le presenta la reparación de un cigüeñal roto, debe, en buena moral profesional, estudiar primeramente la conveniencia o no de la reparación. Este análisis, en el que la parte principal depende con mucho del destino y servicio que el motor presta, comprende dos partes: una, económica, y otra, técnica.

Es evidente que una pieza reparada nunca tiene las garantías de una pieza nueva, y fuera tontería, a igualdad de calidades de material, sostener lo contrario. Por esto hay que comenzar por este exordio dirigido al cliente.

Si el repuesto del cigüeñal es sencillo y rápido, la cosa no admite discusión: cigüeñal nuevo.

Si el repuesto es difícil o de largo tiempo de acopio, hay que considerar entonces la calidad e importancia del servicio del motor, para determinar si conviene o no intentar la reparación.

Pondremos un ejemplo: La reparación de un cigüeñal de motor marino de propulsión de un barco pesquero, es siempre desaconsejable, pues una avería en plena mar, aparte de los riesgos naturales que encierra, puede ocasionar cuantiosas pérdidas económicas, en las que no son las menores la pérdida de la pesca conseguida y los gastos de remolque hasta puerto cercano donde reparar.

En cambio, la reparación de un cigüeñal de motor destinado a elevación de aguas para riegos, es operación generalmente de la máxima urgencia, ya que de ella depende el salvar la cosecha, sobre todo, en estos tiempos de restricciones eléctricas. Se puede, pues, a ciencia y conciencia correr el riesgo de una reparación aventurada o difícil, ya que, en el peor de los casos, la nueva rotura no creará nuevo problema, pues es el mismo que planteó la primera, y, por el contrario, si se tiene suerte y cuidado, puede aguantarse una temporada, salvando así las cosechas y dando tiempo para la llegada del cigüeñal de repuesto.

Nuestra experiencia sobre el particular nos ha llevado a la conclusión de que la reparación de cigüeñales en motores estacionarios de elevación de agua para riegos, es siempre aconsejable; es más, tan sólo en motores que trabajen con estrechísima margen de potencia sobrante o en aquellos poco vigilados, ha habido tan sólo que recurrir a cigüeñales nuevos, por haber fallado el reparado, y aun en tales casos esto ha sucedido al cabo de algunos meses de trabajo, con lo que el coste de la reparación ha sido de sobra amortizado por las pérdidas económicas evitadas al salvarse la cosecha.

El otro aspecto que debe analizarse para determinar o no la conveniencia de reparar el cigüeñal, es la posibilidad técnica de realizar esta reparación con probabilidades de buen éxito. Ello depende de una acertada determinación de las causas de la rotura y su subsiguiente eliminación, según ya hemos indicado en la primera parte de este trabajo, y de otro lado, de una certera elección del tipo de reparación que se ha de realizar.

Podríamos clasificar los tipos de las reparaciones en los siguientes grupos:

A) Reparaciones por soldadura.
B) Reparaciones por zunchado en caliente.
C) Reparaciones por ajuste forzado a presión.
D) Reparaciones por ajuste forzado por expansión.

Vamos a estudiar las diversas soluciones:

A) REPARACIONES POR SOLDADURAS

Este tipo de reparación es, en nuestro criterio, el menos aconsejable, pues, aun en el supuesto de que la soldadura se realice con todo género de garantías, la creación de tensiones, la formación de estructuras martensíticas en las zonas inmediatas a la parte soldada son muy difíciles de evitar, y la experiencia nos ha comprobado que esa frase consagrada por los soldadores de que la pieza no se romperá por la soldadura, es cierta; no se rompe por la soldadura, se rompe por al lado de ella, es decir, por la zona donde la soldadura ha creado fuertes tensiones.

Por otra parte, dejando a un lado las dificultades que piezas tan grandes como algunos cigüeñales ofrecen para su recocido, éste tampoco es aconsejable, pues encierra dos riesgos inevitables: el de la deformación y el del descenso de condiciones mecánicas, sin que por otra parte se obtenga absoluta garantía en las zonas de transición cercanas a las partes soldadas.

A pesar de estas consideraciones, hemos obtenido resultados positivos en las soldaduras de extremos de cigüeñales rotos por torsión, realizando la preparación de los mismos por el sistema

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

clásico conocido de espigón central y ranura en V para cargar la soldadura. Ahora bien, el proceso se ha realizado muy lentamente, no consintiendo calentamientos excesivos de la pieza, picando y cepillando cuidadosamente cada capa de soldadura, a tal punto que el relleno de un eje cigüeñal de 150 mm. ϕ invirtió diez horas de trabajo, contando en ello tres sesiones distintas con más de diez paradas en cada una de ellas.

De todos los métodos de soldadura, el más aconsejable es el eléctrico, con aportación de electrodo del tipo maleable, y, entre los distintos procedimientos de soldadura eléctrica, el de mayor garantía es el practicado en atmósfera reductora de hidrógeno atómico, con arco entre electrodos de tungsteno de 1,5 mm. ϕ, tensión de 50 v. y 120 amperios. Presión de hidrógeno 1,5 a 2 Kg/cm^2.

Si la soldadura ha estado bien realizada y se han tomado todo género de precauciones, la solución es óptima y los resultados plenamente satisfactorios; pero interviene tanto el factor personal del operario que realiza el trabajo, depende tanto de la forma, el cuidado y atención, y, sobre todo, de la paciencia que en él se ponga, que los resultados ulteriores de la reparación de un cigüeñal mediante la soldadura, son una incógnita que sólo el tiempo es capaz de dilucidar.

Nosotros no hemos tenido ocasión de aplicar a la investigación de la calidad de las soldaduras realizadas los métodos modernos de investigación a base de Rayos X, o a base de ultrasonidos, o los más modernos de radium-fotografías, basados estos últimos en la obtención de imágenes, valiéndose del gran poder de penetrabilidad de los rayos gamma a través de los metales.

Hemos visto aplicada con resultados positivos, a la soldadura de un eje de turbina «in situ», la aluminotermia, pero por las mismas razones enunciadas más arriba, consideramos la aplicación de este método sujeta a los mismos riesgos que la soldadura eléctrica. Por lo que se refiere a la soldadura autógena practicada con soplete de oxi-acetileno, la entendemos totalmente inadecuada para esta clase de trabajos.

B) REPARACIONES POR ZUNCHADO EN CALIENTE.

Cualquiera que sea el punto donde se presente la rotura de un cigüeñal es posible establecer dos partes enlazables, bien mediante un muñón postizo, bien mediante una «trucha» postiza (llamamos «trucha» en el «argot» de taller a la parte del cigüeñal que, mecánicamente hablando, constituye la manivela del mismo. En realidad, la denominación de «truchas» debería corresponder a los contrapesos de estas manivelas, pues son ellos los que, al girar en los motores horizontales antiguos, dan la sensación del salto fuera del agua de las carpas, o truchas, pero por extensión se aplican a los brazuelos o manivelas del cigüeñal).

Estudiada geométricamente la posibilidad de este enlace, precisa completarla con el cálculo mecánico. Éste nos determinará primeramente el diámetro mínimo del muñón, en función del esfuerzo de torsión máximo que precise transmitir, y de él deduciremos el valor del aprieto o presión radial resultante, que adoptanto un coeficiente de fricción de $p = 0{,}15$, nos dará un par de torsión resistente, superior al máximo del motor en el punto considerado del cigüeñal.

Sean:

M_t = momento de torsión a transmitir.

D = diámetro nominal del muñón a zunchar.

L = longitud de la zona zunchada del muñón.

E = módulo de elasticidad del material del muñón y de la «trucha».

μ = coeficiente de rozamiento en reposo entre muñón y «trucha».

p = presión radial unitaria.

σ = tensión tangencial unitaria en la línea de contacto.

δ = diferencia de diámetros de zunchado.

θ = diferencias de temperatura de zunchado.

El valor de M_t se determina según la posición del muñón, es decir, que si el muñón corresponde a la parte del eje del cigüeñal, el valor de M_t será el máximo del momento de torsión del motor. Pero si el muñón corresponde a una muñequilla de biela, el valor de M_t vendrá dado por la expresión:

$$M_t = P \cdot R \cdot \rho \qquad (1)$$

en la que R representa el radio de una muñequilla o gorrón del cojinete de biela, y P la presión máxima total sobre la cabeza del émbolo, multiplicado por el coeficiente de rozamiento del cojinete en cuestión.

A partir, pues, de estos valores, se establecen las ecuaciones siguientes:

$$M_t = p_1 \cdot \pi D_1 \cdot L_1 \cdot \mu \cdot \frac{D_1}{2} = 1{,}1\, p_1 D_1^2 L_1 \qquad (2)$$

y poniendo p_1 en función de la tensión tangencial capaz de originarla, tendremos:

$$p_1 = \frac{2\sigma \cdot L_1}{D_1} \qquad (3) \qquad\qquad M_1 = 2{,}2\,\sigma D_1 \cdot L_1^2 \qquad (4)$$

Si en esta ecuación adoptamos un valor para D y otro para L, establecidos ambos discretamente sobre las dimensiones de la «trucha», obtendremos para la tensión necesaria el valor:

$$\sigma = \frac{M_t}{2{,}2 \cdot D_1 L_1^2} \qquad (5)$$

a partir de este valor de t calcularemos la diferencia de diámetros necesaria entre muñón y agujero capaz de originar dicha tensión.

Ahora bien, en la «trucha», que hace de zuncho, se origina por efecto de atracción t, una deformación que la dilata; en cambio, en el muñón abrazado por aquélla, y por efecto de la presión p, se origina una deformación que lo contrae. De los diversos criterios de cálculo que se pueden adoptar, el más apropiado y que se ajusta, a juzgar por los resultados, a la realidad, es el de adoptar como coeficiente de trabajo el de la diferencia de estos dos tensores, es decir, en otras palabras, el de máximo esfuerzo cortante. De forma que no superemos este valor.

Del valor de σ conocido podemos determinar p, o, recíprocamente, por las ecuaciones planteadas y el valor del máximo esfuerzo cortante, será la suma de estos dos $\sigma + p$.

La ecuación que relaciona la diferencia de diámetros con este valor del máximo esfuerzo cortante es:

$$\sigma + p_1 = E \cdot \frac{\delta}{D_1} \qquad (6)$$

En general, conviene que $\sigma + p$ no rebase el valor de 8 Kg/mm^2

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

en cigüeñales lentos, hasta 200 rpm., y pueden adoptarse valores de 3 a 5 Kg/mm² para mayores velocidades.

De la ecuación anterior obtendremos el valor de la diferencia de diámetros:

$$\delta = \frac{(\sigma + p_1)\, D_1}{E} \qquad (7)$$

Conocida ésta, podemos determinar la diferencia de temperaturas necesarias para realizar la operación, adoptando como coeficiente de dilatación del acero 0,0000112, con lo que dicho valor será:

$$\theta = \frac{\delta}{0{,}0000112 \cdot D_1} \qquad (8)$$

Esta diferencia de temperaturas entre muñón y zuncho pueden lograrse, bien por calentamiento del zuncho, bien por enfriamiento con nieve carbónica del muñón, o bien por ambas operaciones simultáneamente.

La operación, relativamente sencilla cuando se trata de construcciones nuevas en las que posteriormente la mecanización puede quitar bastante material y rectificar las pequeñas desviaciones angulares que puedan presentarse, cuando se trata de reparación de cigüeñales viejos averiados, presenta graves dificultades, de las que las principales son las siguientes:

1.ª Dada la irregularidad de la forma de la «trucha», es difícil conseguir un calentamiento uniforme, y, por ende, una regularidad de tensión.

2.ª Las pequeñísimas tolerancias que la diferencia de diámetros fijada por el cálculo permite, obligan a utilizar herramental y aparatos de medida poco frecuentes en los talleres de reparaciones.

3.ª La necesidad de operar con piezas calientes, dificulta el trabajo de precisión y falsea las medidas, de tal forma que es una incógnita la posición definitiva que adoptará el conjunto del cigüeñal cuando se enfríe la unión.

4.ª En el caso, muy fácil, por las razones antedichas, de que el cigüeñal quede virado por error de calado angular debido o a calentamiento irregular de la «trucha» o a cualquier otra razón, la rectificación es casi imposible y el buen éxito de la operación está totalmente comprometido.

5.ª Finalmente, aun cuando hayamos tenido la suerte de acertar en todas las fases de la operación, dados los márgenes tan estrechos del calado, las presiones reales establecidas entre el zuncho que hace la «trucha» y el muñón zunchado, son una incógnita, cuyo valor sólo la experiencia del trabajo del cigüeñal nos puede aclarar si estaba por encima o por debajo del mínimum necesario dado por los cálculos.

C) REPARACIONES POR AJUSTE FORZADO A PRESIÓN.

En realidad, la operación de forzado a presión no es más que una variante mecánica de la operación de zunchado en caliente, sólo que precisa de elementos de trabajo mucho más poderosos, y, en cambio, tiene la ventaja de poder vigilarse la operación durante su proceso. Ello evita muchos de los riesgos que hemos indicado en el proceso en caliente, pero exige una presión de medidas tan grande (hay que apreciar bien 0,001 mm.), que lo hacen prácticamente inabordable para la mayoría de los talleres.

Hacemos gracia, pues, del proceso, cuya técnica es del dominio público, para adentrarnos en la última parte de este trabajo.

D) REPARACIONES POR AJUSTE FORZADO POR EXPANSION

El procedimiento que vamos a describir nos ha dado tan buenos resultados en la práctica que, pese a las deficiencias tecnológicas que puedan presentarse en su realización, el margen de amplitud que en el trabajo y en la medición permite, lo hacen en nuestro criterio el más adecuado para la reparación de cigüeñales, según los métodos descritos.

La mayor ventaja que este sistema presenta sobre el de ajuste forzado a presión o el de zunchado en caliente, es el de poder seguir con toda la precisión que se quiera el proceso de fijación, consiguiendo de esta forma una alineación exactísima de las dos partes enlazadas, eliminando, en consecuencia, la necesidad que los otros procedimientos presentan de tener que rectificar las muñequillas del apoyo del cigüeñal.

Además, tiene la ventaja de poder ser desmontado en cualquier momento, cosa prácticamente imposible en los otros sistemas, ya que para ello las partes separadas de nuevo no pueden volver a unirse por el mismo procedimiento de ajuste forzado o zunchado caliente. En nuestra experiencia nos hemos encontrado en varias ocasiones con que por deficiencias en la precisión de las medidas en los procedimientos de forzado y de zuncho, la operación ha fracasado, bien al realizarla, o bien posteriormente, durante el trabajo del motor se han aflojado los aprietos. En cambio, en el procedimiento que preconizamos de forzado por expansión, hasta la fecha no hemos tenido ningún fracaso y la operación se ha realizado con toda tranquilidad y sin ningún apuro, consiguiendo la máxima precisión de alineación desde el primer momento y sin variaciones apreciables en la forma general del cigüeñal.

La figura núm. 4 representa con toda claridad la disposición adoptada: el muñón *a* penetra en la «trucha» con ajuste suave, y el tapón *b* con una conicidad del 2 % en diámetro, fuerza la expansión del muñón, con lo que se logra el apriete perfecto. Este tapón *b* debe hacerse de acero duro y templado para reducir al mínimo su deformación.

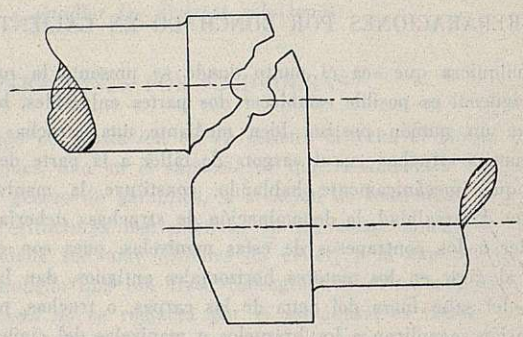


Fig. 3

La entalla circular que acuerda el muñón con la muñequilla, tiene por objeto eliminar las tensiones que un rincón recto podría producir en este punto de cambio de sección; esta entalla o ranura de forma tórica, abierta, cuyo acorde con la parte cilíndrica del muñón debe ser según un perfil de generatriz parabólica, debe estar perfectamente bruñida, al objeto de eliminar las rayas de torno que pudieran producir sobretensiones localizadas en el fondo de las huellas de la herramienta.

La balona con que termina la muñequilla, además de la fun-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ción de hacer de tope y regular así la distancia entre caras de las «truchas», aumenta el par de empotramiento del muñón al ampliar la base de apoyo de la «trucha» en la muñequilla y, al mismo tiempo, permite un buen bruñido del enlace de los bordes del cojinete de biela.

El hueco que queda entre el rincón, formado por el enlace parabólico y el enlace de la «trucha», sirve, además, para recoger cualquier partícula que pudiera haber quedado inadvertidamente al realizar el calado, si bien esto es muy poco probable, dado el cuidado con que debe realizarse la operación.

Terminada ésta, una vez calado en su sitio y con la presión conveniente los tapones, sólo resta, como medida de seguridad, atravesar de parte a parte y por el orificio central de los mismos un virotillo que se remacha en caliente y que garantiza totalmente el que aquéllos no se desprendan.

El desarrollo de los cálculos que determinan el diámetro interior del muñón para alojar el tapón que lo expansiona, es el siguiente:

Conocido el valor de D_1 diámetro exterior del muñón deducido según las fórmulas del apartado B), se obtiene el valor del diámetro interior D_0 de la ecuación:

$$M_t = \frac{\pi}{16} \frac{D_1^4 - D_0^4}{D_1} K_t \qquad (9)$$

Conocidos estos valores es preciso determinar el valor p_0 de la presión interior que hay que conseguir mediante el acuñado, capaz de producir por expansión del exterior el valor de la presión p_1 correspondiente también a la p del apartado B).

Sean:

r_0 = radio interior.
r_1 = radio exterior del muñón.
p_0 = presión interior.
p_1 = presión exterior de forzamiento.
m = módulo de Poisson de 3 a 4.
p = tensión radial.
σ = tensión tangencial.

La relación entre las tensiones y las fatigas o coeficientes de trabajo viene dada para la tangencial por la fórmula:

$$S_t = \sigma + \frac{P_1}{m} \qquad (10$$

ahora bien, la ecuación general que relaciona la fatiga con las presiones interna y externa y la distancia radial considerada r, es:

$$S_t = \frac{1}{r^2} \frac{r_0^2 r_1^2 (p_0 - r_1)}{r_1^2 - r_0^2} \left(1 + \frac{1}{m}\right) + \frac{p_0 r_0^2 - p_1 r_1^2}{r_1^2 - r_0^2} \left(1 - \frac{1}{m}\right) \qquad (11)$$

si en esta ecuación hacemos $r = r_1$ y despejamos el valor p_0 que es la incógnita que buscamos, obtendremos:

$$p_0 = \frac{S_t (r_1^2 - r_0^2) + p_1 \left[\left(1 + \frac{1}{m}\right) r_1^2 + \left(1 - \frac{1}{m}\right) r_1^2 \right]}{2 r_0^2}$$

ecuación que nos relaciona la presión externa y la fatiga con la presión interna que hay que aplicar para conseguir el forzado por expansión.

Por otra parte, basta sólo calcular en función de la conicidad de la cuña el valor de la fuerza total P que hay que aplicar para lograr el valor p_0. Esta ecuación es:

$$\left.\begin{array}{l} tg\ \alpha = 0{,}01 \\ p = 0{,}07 \end{array}\right\} \begin{array}{l} P = 2\pi D_0 . L_0 . p_0 (\text{sen } \alpha + p \cos \alpha) = \\ = 0{,}50\ D_0\ L_0\ p_0 \end{array} \qquad (12)$$

La aplicación de las fórmulas anteriores nos ha producido buenos resultados en todas las ocasiones.

La operación no encierra ninguna dificultad, y la presión de calado de las cuñas se logra bien mediante un husillo.

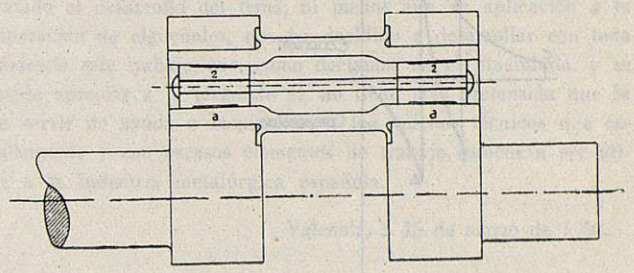


Fig. 4

Tanto la cara externa del muñón como la interna de la «trucha» deben estar bien acabadas de mecanizar y desgrasadas con gasolina antes de realizar el acuñado. Con lo dicho hasta aquí consideramos resuelta la parte tecnológica de taller de los distintos sistemas de reparación de cigüeñales que hemos considerado.

Podrían, evidentemente, ser desplegados los cálculos citados llegando hasta la entraña matemática del problema, estableciendo los desarrollos de las ecuaciones citadas y los diagramas de tensiones y formaciones en cada punto de las diversas zonas que constituyen el enlace forzado, pero todo ello, en nuestro criterio, no conduce más que a diluir entre la maraña de cálculos matemáticos las ideas básicas fundamentales que, por lo general, aplicadas mediante las fórmulas base, son las únicas de carácter esencialmente utilitario que intervienen en una reparación de taller y, ciertamente, este aspecto es el que interesa. Si, por otra parte, consideramos que lo hasta aquí dicho está avalado por una experiencia de resultados positivos, podemos consignar que, en definitiva, la técnica empleada es acertada y da buenos resultados cuando se trata de reparar cigüeñales de motores térmicos alternativos cuyo repuesto inmediato sea difícil.

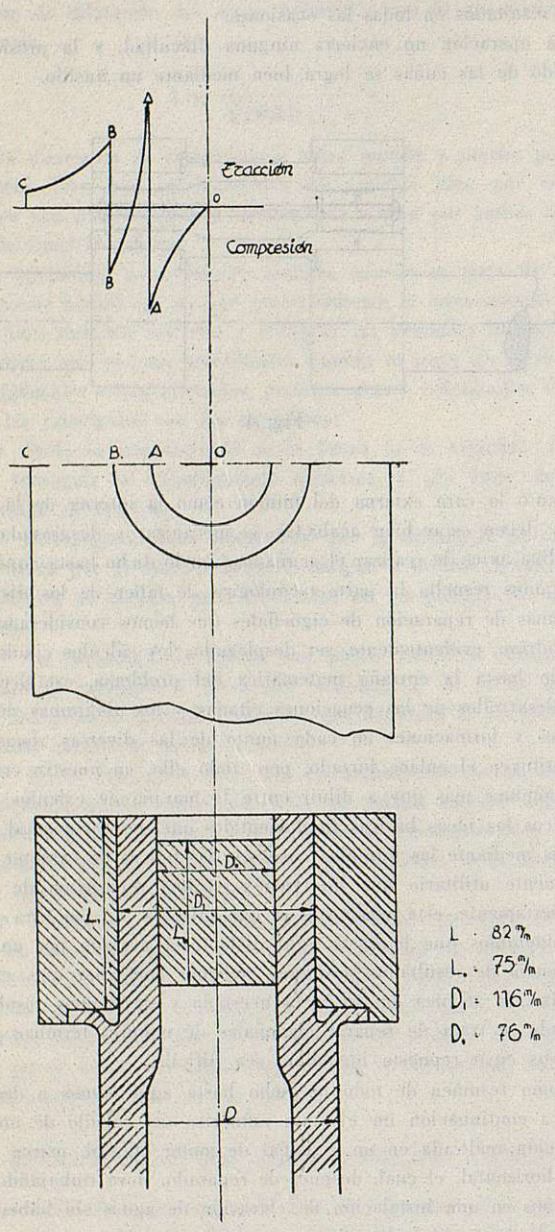
Como resumen de todo lo dicho hasta aquí vamos a desarrollar a continuación un ejemplo numérico del cálculo de una reparación realizada en un cigüeñal de motor Diessel, marca Crosley, horizontal, el cual, después de reparado, lleva trabajando cinco años en una instalación de elevación de aguas sin haber presentado hasta la fecha ninguna avería.

CÁLCULO NUMÉRICO DE LA REPARACIÓN DE UN CIGÜEÑAL

Como hemos dicho más arriba, el cigüeñal de un motor Diessel, horizontal, monocilíndrico, de 40 HP., a 250 rpm., como consecuencia de abandono de la vigilancia y falta de engrase, se

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

rompió por el arranque de la muñequilla de biela. Las dificultades de acopio de un cigüeñal nuevo eran muy grandes y, por otra parte, ocurrida la avería en pleno verano y por estar el motor destinado a la elevación de aguas para riego de un huerto de naranjos, los riesgos de pérdida de la cosecha por falta de agua eran muy importantes económicamente. Ello nos decidió a efectuar una reparación poniendo postiza toda la muñequilla de biela, según se indica en el dibujo.



L = 82 m/m
L₁ = 75 m/m
D₁ = 116 m/m
D₂ = 76 m/m

Fig. 5

La marcha de los cálculos fué la siguiente:

El esfuerzo máximo de torsión que con un margen de seguridad suficiente calculamos, nos dió como resultado y base de todos los cálculos un valor para el momento de torsión $M_t = 200.000$ cm/Kg.

Dadas las dimensiones de la «trucha» y de la muñequilla, adoptamos como diámetro del muñón $D_1 = 116$ mm., y para el largo de empotramiento del muñón $L_1 = 82$ mm.

A partir de estos valores y aplicando la ecuación (5) se obtiene para el valor de la tensión tangencial:

$$\sigma = \frac{200.000}{2{,}2 \,.\, 11{,}6 \,.\, 8{,}2^2} = 117{,}2 \text{ Kg/cm}^2$$

Valor que substituído en la (3) nos da para la tensión radial p_1:

$$p_1 = \frac{2 \,.\, 117{,}2 \,.\, 8{,}2}{1{,}16} = 241 \text{ Kg/cm}^2$$

la suma de estos dos valores nos da aplicando el criterio del máximo esfuerzo de cortadura:

$$\sigma + p_1 = 117{,}2 + 241 = 358{,}2 \text{ Kg/cm}^2 \cong 3{,}5 \text{ Kg/mm}^2$$

valores que substituído en la ecuación (7) nos dan para el valor de la diferencia de diámetro, o sea de exceso del muñón sobre el agujero:

$$\delta = \frac{36 + 116}{20.000} = 0{,}021 \text{ mm.}$$

lo que para realizar el zunchado en caliente precisa, según la ecuación (8), una diferencia mínima de temperaturas entre el muñón y el zuncho de:

$$\frac{0.021}{0{,}0000112 \,.\, 116} = 16^0 \text{ C}$$

Para operar con comodidad, es conveniente mantener diferencias de temperatura bastante más altas que la teórica.

Pese a la sencillez aparente del procedimiento, y como ya hemos dicho en el apartado B), esta técnica encierra bastantes dificultades, particularmente en la precisión de las medidas que exige y en la dificultad de obtener calentamientos uniformes. Varios fracasos ocurridos siguiendo el procedimiento del zunchado en caliente, nos han hecho desistir por completo de su aplicación en estas reparaciones; en cambio, el método de forzado por expansión que practicamos actualmente en todos los casos en los que es aplicable, no nos ha producido hasta la fecha ningún fracaso.

El cálculo del muñón forzado por expansión, se continúa en la siguiente forma:

Primeramente se calcula el valor del diámetro interior D_0 a partir de la ecuación (9), que lo relaciona con el momento de torsión M_t y con el coeficiente de trabajo de torsión $K_t = 800$ Kg/cm^2.

$$200.000 = \frac{3{,}14 \,.\, 800}{11{,}6 \,.\, 16} (11{,}6^4 - D_0^4)$$

$$D_0 = \sqrt[2]{3\,250} = 7{,}6 \text{ cm.}$$

Aplicando ahora los valores obtenidos anteriormente, para la tensión radial y la tensión tangencial a la ecuación (10), obtemos el valor de la fatiga tangencial en la zona de unión, diámetro D_1.

$$S_t = 117{,}2 + \frac{241}{3} = 197 \text{ Kg/cm}^2$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Substituyendo este valor en la ecuación (11), haciendo $r = r_1$ y tomando para m el valor (3) (módulo de Poisson), obtenemos para el valor p_0, presión interior necesaria para producir la fatiga s_t y su expansión correspondiente:

$$S_t = \frac{1}{33,6} \cdot \frac{14,4 \cdot 33,6 (p_0 - 241)}{33,6 - 14,4} \left(1 - \frac{1}{3}\right) + \frac{p_0 \cdot 14,4 - 241 \cdot 33,6}{33,6 - 14,4} \left(1 - \frac{1}{3}\right)$$

$$p_0 = 140 \text{ Kg/cm}^2$$

A partir de este valor, y admitiendo para la cuña una conicidad en diámetro del 2 %, obtenemos para la presión de hincado de la cuña, el valor:

$$P = 0,50 \cdot 11,6 \cdot 8,2 \cdot 140 = 6.658 \text{ Kg}$$

FINAL

El método de forzamiento por cuña lo hemos aplicado con buen éxito, tanto en la reparación de cigüeñales como en la construcción y reparación de otros órganos maquinales en que haya sido posible su aplicación, sin que hasta la fecha se nos haya presentado ningún fallo atribuíble al sistema.

Aplicado a la inversa, es decir, mediante un zuncho exterior con agujero cónico, lo hemos utilizado, para reparar provisionalmente, prolongándoles la vida de trabajo a determinadas matrices de recalibrar vainas de artillería, y, acertadamente empleado, puede ser de gran utilidad en multitud de aplicaciones de taller.

Como elemento de fijación por expansión en el extremo de árboles con poleas, y como dispositivo de seguridad contra el aflojamiento de las tuercas en el extremo de tornillos y espárragos de gran diámetro.

Aunque el sistema de fijación por expansión forzada no es en sí mismo ninguna novedad, el no haber encontrado en ningún tratado el desarrollo del tema, ni menos aún su aplicación a la reparación de cigüeñales, nos ha decidido a desarrollar con toda modestia este trabajo que, como decíamos en el preámbulo, y se puede apreciar a lo largo de él, no tiene más pretensión que la de servir de ayuda e inspiración a los muchos técnicos que calladamente y con escasos elementos de trabajo, procuran ser útiles a la industria metalúrgica española.

Valencia, a 15 de marzo de 1950.

Luego de esta lectura se procede a la comunicación siguiente, núm. 97:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 97.- La producción combinada de vapor y fuerza en la Industria Química

Autor: D. JULIO NOGUÉS HUGUET
Ingeniero Industrial

PREÁMBULO

La necesidad del ahorro de combustibles y de energía eléctrica, es cuestión vital para nuestra industria. Incluso en países clásicamente productores y exportadores de carbón, preocupa hondamente este problema, y los precios alcanzados por el combustible aconsejan las máximas economías en su utilización, sin que pueda preverse, en mucho tiempo, un cambio de tal situación. Ello es sintomático de un presente y un porvenir industriales en los que es necesaria una afinada aquilatación del uso de los combustibles, y también de la energía.

No dudamos en afirmar que dichos ahorros constituyen un deber para con la nación y para con los demás industriales, aun en el caso de que su consecución no supusiera una economía apreciable para la industria que lo practicara. El combustible o energía economizada queda a disposición de las demás industrias.

Por ello, cualquier economía realizada en este sentido es interesante, y en este trabajo nos ocuparemos de las que pueden obtenerse en las fábricas de tipo químico, incluyendo en esta denominación todas aquellas que en sus procesos de fabricación consumen calor y energía eléctrica (la llamada «Process Industry», por los americanos), ciñéndonos a la importante cuestión, a veces olvidada, de la obtención más provechosa de ambas formas de la energía. Destacaremos la posibilidad de producir fuerza obtenida como subproductos del vapor, y trataremos de valorar su importancia para el país. Veremos que los kilovatios-hora que podrían generarse de esta manera, alcanzan una cifra del mismo orden que la producción de las centrales térmicas de fuerza existentes, que representa alrededor del 18 % de la producción nacional de energía, incluída la hidráulica.

ESQUEMA DE LA ECONOMÍA ENERGÉTICA EN LA FÁBRICA DE TIPO QUÍMICO

Tales fábricas se caracterizan principalmente por el hecho de requerir simultáneamente importantes consumos de calor, generalmente en forma de vapor y de energía eléctrica. El primero se utiliza en los procesos de fabricación para fines caloríficos de diversa índole; la energía eléctrica se emplea generalmente en motores para accionamientos mecánicos. Las industrias electroquímicas (electrotérmicas o electrolíticas) constituyen un renglón aparte.

Casi siempre se presenta el problema de determinar cuál será la obtención más conveniente de la energía eléctrica necesaria: el dilema está planteado entre si se contrata a una compañía suministradora, o bien, si se montan equipos para producción propia. Dejando aparte circunstancias de oportunidad y la actual aguda escasez de fluído, no es aconsejable, como norma general, producir la propia energía, por la complicación y especialización que las instalaciones productoras requieren y, sobre todo, porque es difícil competir en precio con las compañías suministradoras, debido a la menor escala de la producción.

No obstante, en las fábricas que utilizan gran cantidad de vapor para usos caloríficos, la energía eléctrica puede ser producida a precios muy bajos, y considerarse realmente como un subproducto del vapor. Este es el caso de muchísimas fábricas de tipo químico, en las que la producción de energía como subproducto se consigue mediante el empleo de máquinas o turbinas de contrapresión o turbinas de tomas intermedias, según los casos.

Las instalaciones de este tipo bien concebidas alcanzan rendimientos energéticos extraordinariamente elevados. La figura 1 muestra los dos casos límites: condensación pura y contrapresión pura, y, en líneas generales, da cuenta de la distribución del calor del combustible en ambos tipos de instalación. Los ren-

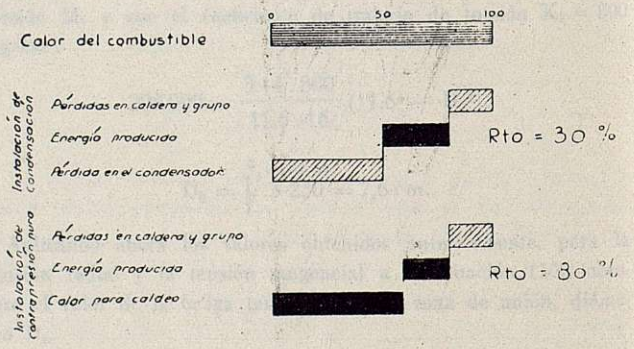


Fig 1

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

dimientos globales pueden alcanzar con la técnica actual valores máximos del orden del 30 y 80 %, respectivamente. Se ha llegado en casos excepcionales hasta el 35 y 85 %, según cifras de constructores suizos.

Al estudiar la obtención más conveniente de la energía eléctrica y calorífica necesaria a una fábrica química, así como al proyectar las instalaciones de fabricación, hay que tener muy en cuenta que en este tipo de fábricas, mucho más que en cualquier otro, no es posible separar una cosa de la otra, pues están ambos aspectos íntimamente ligados.

Muchas veces esto se olvida, y las instalaciones de fabricación se proyectan pensando únicamente en el proceso en sí, considerando los otros puntos como servicios secundarios, cuyo estudio se deja para última hora y se hace ligeramente, o bien se confía al constructor de la caldera o turbina, con el peligro de que sean olvidados los factores inherentes a los procesos de fabricación. Pero sin tener en cuenta estos factores no puede lograrse las máximas economías del conjunto, y éste pecaría de falta de coordinación. Otras veces se adopta la solución más sencilla y de menor coste, esto es, producir el vapor a b. p. y adquirir la energía, pero no es ésta generalmente la más económica, ni la más ventajosa, aun prescindiendo de la economía.

Quizá ha contribuído en parte a que, a veces, fuera olvidada esta coordinación, la división tan neta que hacen los americanos de las diversas fases de las fabricaciones en determinadas operaciones unitarias, que llaman «unit operation» o «unit proceses», según sea físico o químico el carácter de la operación. Éstas se estudian con completa independencia unas de las otras, es decir, como operaciones aisladas, y por ello no siempre se aprecia la importancia tan fundamental que tiene la coordinación de todas las que intervienen en la fábrica, incluyendo la producción del calor y de la energía eléctrica.

He aquí una importante tarea a cargo del ingeniero, el cual no sólo estudiará a fondo cada una de las operaciones, sino su conjunto, y deberá aceptar la responsabilidad de obtener la mayor economía para el país y la más alta rentabilidad de la industria.

Veamos qué normas generales es preciso tener en cuenta. Por descontado que no trataremos de examinar casos particulares, pues una de las características fundamentales de las fábricas químicas es precisamente su gran variedad, y también, en muchos casos, su elasticidad para funcionar en condiciones muy diversas, produciendo en cada época o temporada los productos cuya venta sea más interesante. Ni entraremos en detalles, por no ser éste el objeto de este trabajo.

No obstante, considerada en su conjunto la transformación de la energía térmica en cualquier fábrica del tipo que nos ocupa, constituye en todos los casos una continua degradación desde la temperatura más alta, que es la producida en el hogar de la caldera mediante el calor Q_1 del combustible, hasta el más bajo nivel utilizable. De allí se evacúa el calor restante Q_2 al exterior (cuerpo frío), constituyendo éste un calor perdido inevitablemente, según las consecuencias del segundo principio de la termodinámica.

Considerado el asunto desde el punto de vista termodinámico, sabido es que el máximo rendimiento global se obtiene partiendo de la más elevada temperatura practicable y por sucesivos saltos que deben acercarse lo más posible al proceso reversible de máximo rendimiento, se utiliza el calor en las diferentes operaciones, una de las cuales es producción de energía eléctrica. La necesidad de una eficiente coordinación resulta, pues, evidente.

No cabe duda de que es importante reducir hasta donde sea económico las pérdidas de calor que se presentan a lo largo de los procesos por diversas causas (transmisión, radiación, escapes, etc.). Pero muchas veces adquiere mayor importancia el calor Q_2 evacuado, y, por tanto, hay que poner mayor empeño en disminuir su cuantía, empeño que debe estar en relación con su valor, con lo que resulta generalmente elevada la rentabilidad del ahorro conseguido. En cada caso es preciso organizar la serie de los procesos térmicos de la fábrica, de manera que el calor evacuado en última instancia lo sea a la menor temperatura practicable, de tal forma que ya no pueda realizarse recuperación rentable ninguna.

Cuando en el proceso existe una operación que debe realizarse en horno a alta temperatura, ésta dicta generalmente las condiciones de la primera etapa del uso del calor. Los gases procedentes de tales hornos pueden producir vapor en calderas de recuperación, o recuperarse su calor por otros medios.

Pero, cuando no se requiere calor a alta temperatura, el medio usual de aplicación del calor es por medio del vapor. Aplicando el criterio termodinámico del máximo rendimiento, aquél debe ser producido a la mayor temperatura y presión practicables. Primeramente se usará para generar fuerza en máquinas o turbinas de contrapresión de las que se evacuará a la menor temperatura permitida por los procesos de fabricación, en los cuales se utilizará este vapor de escape. El proyecto de la fábrica debe coordinarse de tal forma que el calor evacuado de una operación en forma de vapor o gases residuales calientes pase con la menor pérdida posible a otra operación, y no deben ser evacuados al exterior sino después de haber aprovechado al máximo sus calores latente y sensible.

El caso más frecuente es aquel en que, mientras la mayor parte de las necesidades son de vapor a b. p., una cierta cantidad debe ser utilizada a una presión intermedia. Las siguientes soluciones pueden ser adoptadas, y resulta más económica una u otra, según los caudales y presiones necesarias.

a) Si el consumo a presión intermedia es pequeño, puede convenir rebajar la presión de la cantidad correspondiente de vapor a a. p., mediante válvulas reductoras. Como alternativa puede elevarse la presión de parte del vapor de escape con un inyector utilizando vapor vivo; solución que convendrá cuando haya que producir la mayor cantidad posible de energía eléctrica.

b) Si dicho consumo tiene cierta importancia, puede utilizarse una turbina de tomas intermedias.

c) Si este consumo es muy grande y, en cambio, las necesidades de energía eléctrica son reducidas, puede convenir elevar la contrapresión de la turbina hasta el valor de la presión intermedia, suministrando la pequeña cantidad de b. p. a través de válvulas reductoras.

LA ENERGÍA ELÉCTRICA COMO SUBPRODUCTO DEL VAPOR

La principal posibilidad que nos interesa destacar en este estudio es la de obtener energía eléctrica como subproducto del vapor. Para valorar la cuantía de los kilovatios-hora que se pueden producir, hemos calculado los que se pueden obtener con 1 Tm/hora de vapor en una turbina de contrapresión en el supuesto de que el rendimiento de ésta sea 0,75. Dichos kilova-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

tios se han calculado para varias presiones iniciales del vapor comprendidas entre 10 y 200 Kg/cm² y diversas contrapresiones entre 3 y 20 Kg/cm², cubriendo todo el campo de presiones usuales.

Con el fin de que todos los resultados sean comparables, hemos tomado como entalpía del vapor vivo el valor constante I = 750 cal. para todas las presiones. Naturalmente, que de esta forma a cada presión le corresponde una temperatura de recalentamiento diferente y tanto mayor cuanto más elevada sea la presión. El valor de 750 cal. lo hemos escogido precisamente por corresponder a temperaturas de recalentamiento usuales en la práctica (véase figura 2).

ENERGÍA PRODUCIDA POR 1 TM./H. DE VAPOR DE I = 750 CAL. TOMADO A DIFERENTES PRESIONES (10 A 200 KG./CM²) Y CON VARIAS CONTRAPRESIONES DE TRABAJO, SUPUESTO EL RTO. DE LA TURBINA IGUAL A 0,75

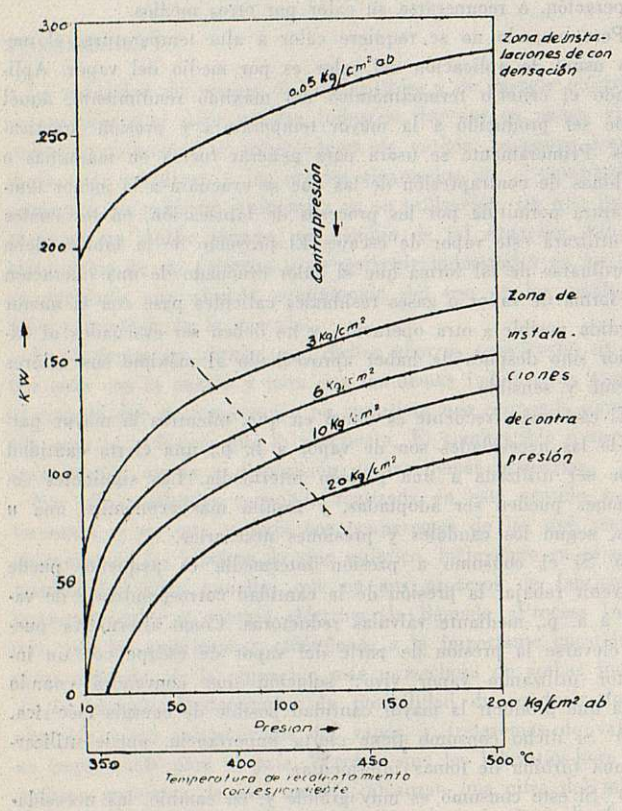


Fig. 2

Los resultados se han representado en el gráfico de la figura 2, el cual enseña cómo aumenta la energía obtenible al elevar la presión viva. Por ejemplo, con una contrapresión fija de 3 Kg/cm², el rendimiento en kilovatios dobla, pasando de 61 a 124 Kw. al elevar la presión de 10 a 50 Kg/cm², y sube hasta 148 Kw. si aquélla alcanza la cifra de 100 Kg/cm². Aumentando aún más la presión obtendríamos mayor número de kilovatios, pero la curva se hace cada vez más horizontal y, por tanto, este aumento es cada vez más lento; pasado cierto límite ya no es conveniente elevar más la presión. Examinando estas curvas de contrapresión constante, vemos que este límite es tanto más elevado cuando mayor es el valor de la contrapresión. Se puede admitir la línea límite dibujada en el gráfico para tener una primera orientación al elegir la presión de trabajos. No obstante, hay que tener en cuenta todos los factores técnicos y económicos que concurran en cada caso antes de decidir la presión de trabajo más conveniente.

Como resumen y consecuencia, que utilizaremos más adelante, podemos afirmar que en cualquier caso donde se produzca vapor para fines caloríficos, es posible obtener como subproducto por lo menos de 80 a 130 Kw.-h. por tonelada métrica de vapor, sin aumento del consumo de combustible. Si admitimos una vaporización de 7 Kg. de vapor por kilogramo de carbón, resulta que lo anterior es lo mismo que decir que cada tonelada métrica de carbón puede producir de 550 a 900 Kw.-h., además del vapor necesario para caldeo.

El coste de esta producción es necesariamente bajo, puesto que el gasto de carbón debe ser cargado íntegramente, a menos que se trabaje con parte de condensación, al coste del vapor para caldeo. El primero se compondrá de las cargas fijas más los gastos de explotación de los elementos estrictamente necesarios para la producción eléctrica, incluído el edificio, y de la proporción de cargas fijas que corresponda al sobreprecio de las instalaciones de producción del vapor ocasionado por la mayor presión. En el estado actual de incertidumbre de precios es muy aventurado cualquier cálculo de costo que no se base en ofertas concretas, y aun así... tampoco hay ninguna seguridad de que sean mantenidos los precios. Por otra parte, también influyen en gran manera las particularidades de cada instalación, tales como si tiene tomas intermedias y su volumen, presión y contrapresión de trabajo y, sobre todo, el grado de utilización. Por ello es aventurado dar cualquier cifra, pero es sabido que dicho coste puede ser muy bajo en instalaciones bien concebidas; trabajando en condiciones favorables puede ser inferior a los 5 cms/Kw.-h.

EQUILIBRIO DE LOS CONSUMOS DE VAPOR Y DE FUERZA

Otro aspecto de la cuestión nos aparece al considerar el equilibrio entre los consumos de vapor y fuerza de la fábrica. Es evidente que la correspondencia entre ambos consumos no puede darse, en general, ni tan sólo aproximadamente.

El estudio de este asunto debe basarse en las curvas reales o previstas de uno y otro consumo a las diferentes horas del día y a lo largo del año. Casi siempre existen divergencias muy notables, tanto en los consumos instantáneos, como en su integración al cabo del año. Cualquier desequilibrio entraña consigo una disminución del rendimiento térmico del conjunto; si sobra vapor, hay que tirar el exceso, con la consiguiente pérdida, aunque sea a través de un condensador, y, si falta, es preciso tomar vapor vivo rebajando su presión en válvulas expansionadoras sin recuperación de energía.

Con el fin de sacar conclusiones prácticas, desmenucemos en lo posible este problema, generalmente muy complicado. Cualquier industria podrá incluirse en alguno de los siguientes grupos, según sean sus necesidades anuales de calor-fuerza:

1.º Necesidades equilibradas.

2.º Necesidad de calor más elevada que la correspondiente al consumo de fuerza.

3.º Necesidad de energía eléctrica superior a la que puede ser generada con el vapor necesario para calor.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

El primer caso es el ideal, pero es una pura hipótesis sin realidad práctica, pues, aunque en algún caso se obtuviera el equilibrio en el papel, la fabricación se encargaría de desmentirlo. Por ello, debemos admitir como equilibradas las instalaciones que lo son hasta cierto punto, dejando un margen para pérdidas ocasionadas por pasajeros desequilibrios inevitables, a menos de funcionar el generador de corriente conectado al suministro exterior de energía eléctrica, según veremos más adelante.

En el segundo caso es norma evidente que lo primero que hay que intentar es reducir lo más posible el consumo de calor mediante todas las economías practicables. Si, a pesar de ello, subsiste notoriamente el desequilibrio, es sano criterio económico, siempre que tenga aplicación, generar toda la fuerza que el consumo de calor permite. El exceso de energía puede venderse a las industrias vecinas, o bien puede resultar aún más provechoso instalar una fabricación auxiliar; por ejemplo, de tipo electrolítico. Cuando existe una operación de concentración, muchas veces cabe adoptar la solución consistente en utilizar la termocompresión, que consume energía y ahorra calor.

No obstante, la solución más lógica en todos los casos es ceder el exceso de fuerza a las compañías distribuidoras de electricidad.

En el tercer caso, lo primero que hay que hacer es reducir al mínimo el consumo de energía y estudiar la posibilidad de obtener más energía aumentando la presión inicial del vapor. Si, a pesar de todo, sigue faltando energía, hay que escoger entre dos soluciones: la producción propia o contratar un suministro exterior. La primera solución puede practicarse mediante turbinas de tomas intermedias y condensación final, o con turbinas adicionales de condensación pura, con grupos Diesel o, tal vez, con una posible producción hidráulica. No obstante, como decíamos al principio de este trabajo, no es en general recomendable la producción propia, como no sea la obtenida como subproducto, sin necesidad de producir más cantidad de vapor que el necesario para usos caloríficos. De otra manera es difícil obtener la energía en las mismas condiciones que las compañías suministradoras, a menos que se trate de grandes producciones.

En tales casos la mayor economía, tanto desde el punto de vista de la fábrica como del conjunto fábrica-producción exterior, o sea desde el punto de vista nacional, se obtendrá normalmente generando en la fábrica la mayor cantidad de energía que permita el consumo de vapor en la fabricación y adquiriendo el resto. También en este caso la forma más lógica de funcionar es conectando en paralelo el grupo de la fábrica con la red exterior.

Hasta aquí nos hemos referido a los consumos anuales o mensuales, pero, una vez resuelto este problema, queda todavía el de los consumos instantáneos. Éste, más que ninguno, debe resolverse de manera idónea en cada caso particular. En él intervienen nuevos factores, tales como horarios de trabajo, sucesión y duración de las operaciones, puestas en marcha, paradas eventuales, etcétera. Incluso en una factoría perfectamente equilibrada, correspondiente al grupo primero considerado antes, se presentarán a lo largo del día desequilibrios más o menos grandes. No es raro que existan puntas muy agudas de consumo de vapor. La energía eléctrica, en general, presenta curvas más regulares. Para evitar o, al menos, atenuar los efectos antieconómicos de estas puntas de carga pueden utilizarse acumuladores de vapor, cuyo empleo permite dimensionar las calderas de acuerdo con una capacidad máxima poco distinta de la carga normal, con lo que se consigue un mejor rendimiento de explotación y una menor inversión inicial. Algo parecido ocurre con los turbogrupos. Conviene, en general, dimensionarlos para la carga de consumo de vapor más frecuente y no para el máximo, con lo que se obtiene el mejor rendimiento y una más baja inversión. Las puntas de vapor pueden cubrirse con vapor vivo reducido a través de una válvula expansionadora, o bien con un acumulador, como hemos dicho antes.

CONEXIÓN DE LAS CENTRALES PARTICULARES CON LAS REDES EXTERIORES

Hemos visto que en todos los casos conviene, como medio realmente eficaz y cómodo de conservar el alto rendimiento de las instalaciones, acoplar en paralelo los grupos de contrapresión con la red exterior. Aquéllos, debidamente regulados, con reguladores de contrapresión, producen la potencia instantánea equivalente a la demanda instantánea de vapor para la fabricación. A su vez, el exceso o defecto de consumo instantáneo de energía eléctrica es absorbido o suministrado por la red exterior. De esta manera no habrá que desperdiciar calor, y el del combustible quemado en la caldera se aprovecharía lo mejor posible. Al mismo tiempo se resolvería el problema de la distribución de la energía sobrante.

A pesar de su interés, estas economías, que podrían significar una cifra no despreciable para la Nación, muchas veces no pueden realizarse por la resistencia que oponen las compañías suministradoras a autorizar la conexión en paralelo de los grupos particulares con sus líneas. Ello es causa de que muchas veces las industrias químicas adopten la producción propia, incluso en condiciones antieconómicas, con el consiguiente desperdicio de combustible y de capital; o bien que renuncien a instalar grupos de contrapresión y se limiten a producir el vapor en b. p. contratando toda la energía al exterior, con gran pérdida, en este caso, de energía eléctrica que hubiera podido ser generada sin otro gasto suplementario de combustible.

Es indudable que estas interconexiones presentan problemas técnicos y económicos tales como el de las protecciones eficaces, la estabilidad, la coordinación de las horas de energía sobrante, tarificación, etc. No obstante, creemos que pueden resolverse, en la mayoría de los casos. El interés de tales interconexiones no se limita a la industria química que puede beneficiarse directamente, sino que se extiende a los productores y distribuidores de electricidad por cuanto es el medio, en unos casos, de conseguir clientes muy provechosos porque, en general, tienen consumos muy permanentes, incluso durante las veinticuatro horas del día, y que de otra forma quizás resolverían por medios exclusivamente propios su abastecimiento de energía, y en otros casos les permitiría obtener cierta cantidad de energía sobrante de tales industrias a precios muy convenientes y sin efectuar ninguna inversión.

Aquella resistencia de las compañías no sólo la observamos en nuestro país, sino que también existe en Inglaterra, aunque en otros países de industria química muy desarrollada el problema está resuelto satisfactoriamente.

Por considerarlo de gran interés en apoyo de lo que venimos diciendo, traducidos a continuación unas frases del trabajo de B. E. A. Vigers presentado en la conferencia sobre «El combustible y el futuro», que tuvo lugar en Londres en octubre de 1946.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Refiriéndose a la conexión de los grupos y a la cesión de energía a la red por las industrias químicas, dice así: «Usualmente esto no está autorizado, o a lo mejor esta energía no es abonada. Ello constituye una calamidad nacional. Tal cesión de fuerza debe ser estimulada en todos los casos posibles, aun en el de pequeñas capacidades, y debe pagarse totalmente dicha energía, ya sea en dinero, o al menos mediante compensación contra la suministrada por las autoridades.» (Recuérdese que la energía eléctrica está nacionalizada en Inglaterra.)

IMPORTANCIA NACIONAL DEL ASUNTO

En nuestro propósito de valorar la cantidad de energía que puede producir, para su propio consumo, la industria de tipo químico, nos hemos basado en la estadística del consumo de carbón, que nos permite deducir dicha producción, según exponemos más adelante.

Por de pronto, el consumo de carbón de dichas industrias reviste verdadera importancia en el marco nacional, pues representa el 18,3 % del consumo total de carbón del país. Unicamente los ferrocarriles superan en importancia a este grupo de industrias, alcanzando la cifra del 23,3 %, y los sigue la industria siderometalúrgica, con un 16,7 %. La industria eléctrica consume sólo el 6,6 por % (véase fig. 3).

Tales datos y los que utilizaremos después han sido obtenidos de las estadísticas publicadas por la Comisión Reguladora de la Distribución del Carbón. Basándose en las cifras de estos últimos años e introduciendo en las mismas ligeras modificaciones para anular el efecto de circunstancias más o menos pasajeras, tal como la corta campaña de las azucareras, acercándonos más al consumo normal, hemos establecido el siguiente cuadro:

CONSUMO DE CARBÓN

INDUSTRIAS	Consumo en 1.000 Tm/año	Porcentaje del consumo total
DE TIPO QUÍMICO		
Azucarera	325	2,16
Alcoholera	30	0,20
Cervecera	25	0,17
Papelera	230	1,53
Textil	470	3,14
Cemento	750	5,00
Cerámica	290	1,93
Cales y yesos	40	0,27
Vidriera	100	0,67
Química	280	1,87
Explosivos	27	0,18
Petróleo y derivados	5	0,03
Destilación madera y alquitranes	24	0,16
Varias (jabones, goma, alimentación)	150	1,00
TOTAL	2.746	18,31
OTRAS INDUSTRIAS		
Industrias eléctricas	1.000	6,64
Ferrocarriles	3.500	23,33
Siderometalúrgica	2.500	16,70
Otras industrias varias y uso doméstico	5.254	35,02
CONSUMO NACIONAL	15.000	100,00

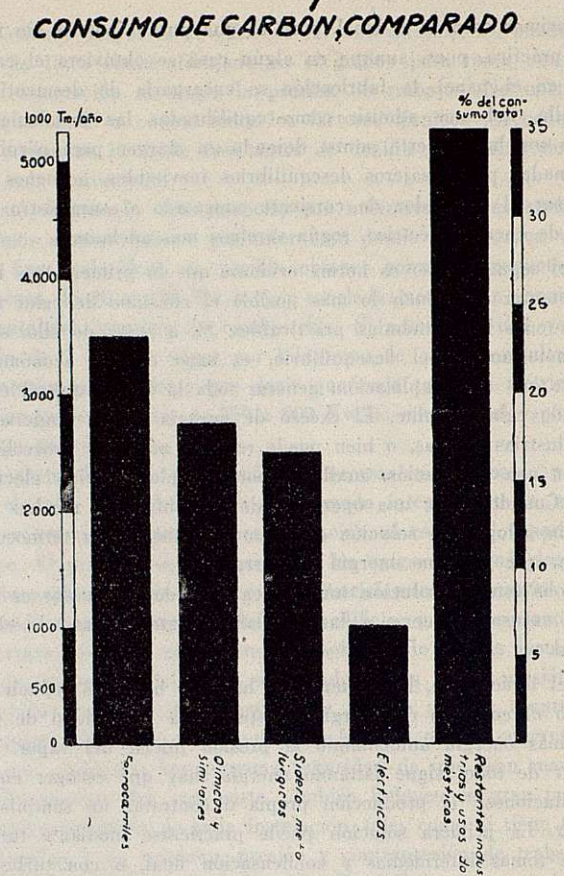


Fig. 3

Hemos de hacer notar que las estadísticas consultadas incluyen aproximadamente el 95 % del consumo total del carbón, y que hemos omitido el de combustibles líquidos de algunas industrias que lo han adoptado en quemadores por falta de carbón; esta omisión no cambia en grado apreciable los resultados. El consumo de las fábricas de gas, que constituye un importante renglón, lo hemos incluído en «otras industrias», porque no está destinado a la producción de calor.

Si tenemos en cuenta que la casi totalidad del carbón que utilizan aquellas industrias se quema para producir calor, ya sea en hornos o en calderas, y que aproximadamente el 55 % de este carbón se utiliza en generar vapor, podremos formarnos idea del volumen de kilovatios-hora que se pueden obtener como subproducto.

Este 55 % ha sido calculado seleccionando las industrias que utilizan vapor como agente calorífico. Por lo tanto, no es aventurado suponer que $0.55 \times 2.746.000$ Tm., o sea 1.505.000 Tm. se emplean en producir vapor. Ahora bien, según hemos visto, cada tonelada de carbón puede producir por lo menos de 550 a 900 Kw.-h. en grupos de contrapresión, según ésta valga de 20 a 3 Kg/cm^2. Tomando el valor medio, o sea 725 Kw.-h/Tm., resultará una producción de $725 \times 1.505.000 = 1.090 \times 16^6$ Kw.-h. al año.

Esta cifra, realmente inesperada, representa aproximadamente el valor de la producción total de las térmicas españolas en los últimos años (véase figura 4). Pero en realidad, ¿qué parte de estos kilovatios-hora se producen actualmente? ¿Es posible su

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

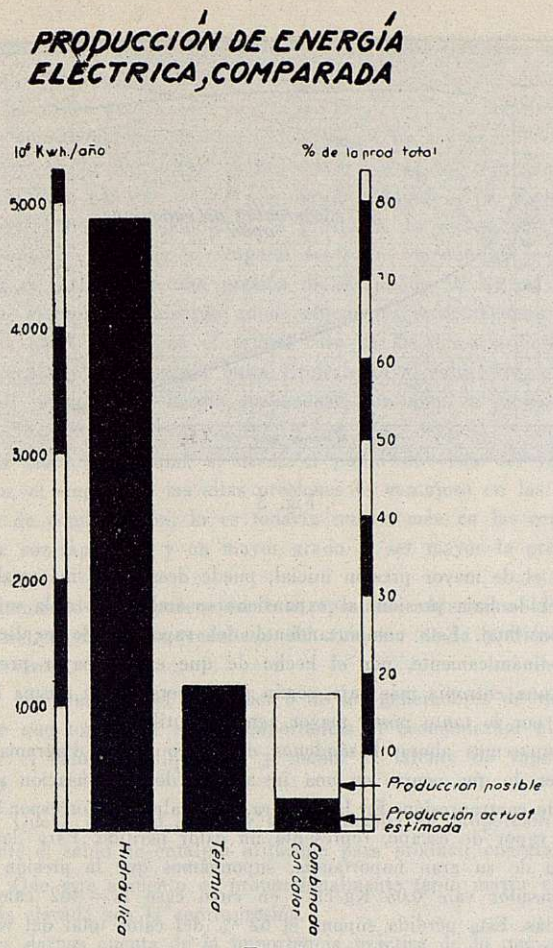


Fig. 4

evaluación más o menos aproximada? La falta de estadísticas, tan detalladas como sería preciso para ello, no permite hacerlo; sin embargo, intentaremos realizar a *grosso modo* una estimación que, aunque adolezca de tener una base muy insegura, será suficiente para el objeto que nos proponemos.

Muchas fábricas poseen, en efecto, instalaciones de contrapresión, al menos casi todas las importantes, pero, salvo raras excepciones, se trata de instalaciones antiguas, con presiones de trabajo muy reducidas y de bajo rendimiento. Esta es una de las principales causas de que no se produzca la energía que se podría, pero existen otras. Podemos resumirlas todas en los tres grupos siguientes:

1.º Producción de vapor en b. p. sin recuperación de fuerza, lo cual ocurre generalmente en las pequeñas fábricas y aun medianas.

2.º Instalaciones antiguas de mal rendimiento.

3.º Dificultad de colocación del exceso de energía que podrían producir las factorías cuyas necesidades de fuerzas son pequeñas comparadas con las de vapor.

Al tratar de valorar el efecto de cada una de estas causas, hemos tenido en cuenta el consumo de carbón de las industrias que pueden sufrir cada una de ellas. Muchas fábricas pueden adolecer simultáneamente de la segunda y tercera causa. Así, hemos fijado las primeras cifras de la tabla siguiente, que representan el porcentaje de consumo de carbón afectado por cada una de las tres causas de desperdicio:

	1.ª causa	2.ª causa	3.ª causa
% del consumo total (1) de carbón que representan las industrias que suponemos afectadas	20 %	70 %	30 %
% de energía no producida por merma de rendimiento partiendo de la producción tipo de 725 Kw.-h. por tonelada métrica de carbón...	100 %	60 %	50 %
Kilovatios-hora totales no producidos que hay que restar de las 1.090×10^6 calculados antes	216×10^6	458×10^6	163×10^6
Suman por las tres causas: kilovatios hora desperdiciados			839×10^6
Kilovatios-hora producidos			251×10^6
% que representan de los que se podrían producir...			23 %

(1) **Nos referimos al consumo de las 1.505.000 Tm. que admitimos se dedican a producir vapor.**

La segunda cifra o tanto por ciento de energía no producida por cada una de las causas con relación a la productividad tipo que habíamos dejado establecida en 725 Kw.-h. por tonelada métrica de carbón, es evidentemente cero para el primer caso; para el tercero se ha simplemente estimado, y para el segundo la hemos calculado a *grosso modo*, teniendo en cuenta las presiones más usuales en instalaciones antiguas. No queremos, pues, atribuir significado ni siquiera aproximado a las cifras anteriores, sino que se dan meramente a título de orientación.

Su significado indica, sin embargo, que se desperdicia una gran parte de una cantidad importante de kilovatios-hora (véase figura 4) que se podrían producir económica y cómodamente sin gasto ninguno de combustible y que podrían representar un fondo de producción muy constante, cuyos principales consumidores lo serían las propias fábricas productoras, lo que evitaría pérdidas de transporte.

CONCLUSION FINAL

Todo ello presenta indudable interés para la economía eléctrica del país, debordando el marco del interés particular de las industrias afectadas y alcanzando categoría nacional.

Bien es verdad que para la consecución de tal producción de energía sería necesario renovar muchos equipos y realizar importantes inversiones, una buena parte de las cuales en divisas, pero la rentabilidad de cada inversión sería casi inmediata para la fábrica y para el país, sin ocasionar aumento ninguno del consumo de carbón. Y tal rentabilidad ha de ser elevada en casi todos los casos, ya que, salvo algunas industrias de temporada, una gran parte de ellas trabajan veinticuatro horas al día durante todo el año, proporcionando, pues, una alta utilización de los equipos. El coste de la energía producida puede competir no sólo con la gran producción térmica, sino con la hidráulica, cosa que no ocurrirá nunca con las centrales de condensación.

Sus ventajas, derivadas de su alto rendimiento y prolongada utilización, colocan a tales centrales en orden del interés nacional, bien por encima de las térmicas ordinarias, lo que justifica plenamente que se trate de impulsar su modernización y desarrollo en el país en todos los casos practicables, aun en el de pequeñas potencias.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ANEXO SOBRE EL EMPLEO DE ALTAS PRESIONES EN LA GENERACIÓN DE VAPOR

Fundamento termodinámico.

El empleo de calderas de alta presión conduce a mejores rendimientos en la producción de energía, y en el caso de las centrales de contrapresión permite obtener cantidades importantes de energía sin aumentar el consumo del carbón que se emplearía para generar exclusivamente la misma cantidad de vapor a menor presión.

El origen de esa energía obtenida paradójicamente sin gasto de combustible, tiene su explicación en el comportamiento termodinámico del vapor de agua. Es en extremo interesante el breve análisis termodinámico que vamos a hacer a continuación, tratando el asunto en sus líneas generales. No sólo nos explicará aquella aparente contradicción, sino que nos dictará las normas fundamentales de economía de combustible en las centrales de contrapresión.

El proceso estudiado se verifica en dos etapas principales: *a*), producción del vapor en el generador, y *b*), expansión del mismo en la turbina de contrapresión.

Examinemos primeramente la vaporización desde el punto de vista energético y veamos la influencia que sobre este fenómeno tiene la presión de trabajo. En la figura 5 vemos que el calor latente de vaporización disminuye continuamente al aumentar la presión. Este hecho, sorprendente a primera vista, viene confirmado teóricamente por la fórmula de Clausius-Clapeyron simplificada que, aplicada a este caso, se escribirá:

$$r_t = r_o + \int_{t_o}^{t} (C_p \text{ gas} - C_p \text{ líq.})\, dT$$

Ella nos dice que al ser C*p* líq. mayor que C*p* gas, o sea el calor molar del líquido superior al del gas (o vapor) el calor de vaporización r_t disminuirá al aumentar la temperatura T de vaporización y, por tanto, al aumentar también la presión. Ello en sí no representa ninguna ventaja, pues si bien a más alta presión se necesitaría menos calor para vaporizar, en cambio este vapor transportaría menos calor convertible en trabajo.

Pero, y ésta sí que es una verdadera ventaja, al mismo tiempo que disminuye r_t aumenta q_r, o sea el calor del líquido, resultando el calor total $\lambda = r_t + q_t$ poco variable con la presión, según muestra la figura 5. Por este motivo una mayor proporción del calor se le comunica al líquido antes de la vaporización, lo que se realiza en el economizador con más alto rendimiento. De esta forma, al aumentar la presión el economizador toma cada vez más importancia, mientras disminuye la de las superficies de vaporización, obteniéndose un aumento del rendimiento del conjunto. Esto por lo que atañe a la producción del vapor, pero en su utilización es cuando aparece la más importante ventaja de las altas presiones, como vamos a ver claramente a continuación.

Recordando el diagrama I-S de Mollier (ver fig. 6), comparemos la expansión de dos vapores con la misma entalpía, pero a presiones diferentes, por ejemplo, 16 y 80 Kg/cm². Supongamos que ambos se expansionan en una máquina térmica hasta una misma presión final cualquiera. Pues bien, vemos que el vapor de 16 Kg/cm² tiene una línea de expansión A′ B′ mucho más corta que la A B correspondiente al vapor de 80 Kg/cm². Es decir, que llegamos al anunciado resultado de que, comunicadas a los dos las mismas calorías en el generador de vapor, el último,

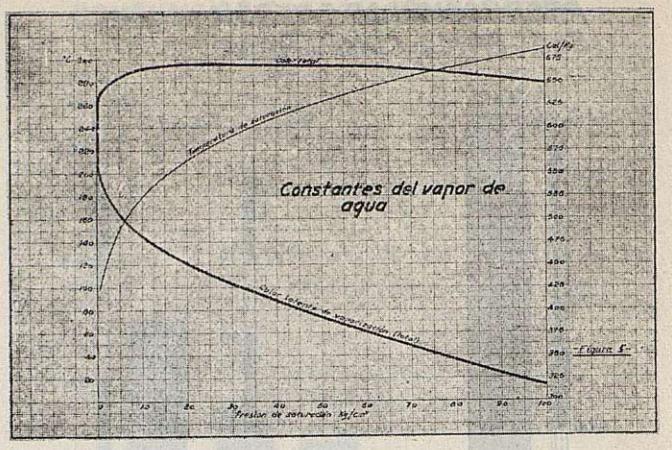


Fig. 5

o sea el de mayor presión inicial, puede desarrollar más trabajo que el de baja presión, al expansionarse ambos hasta la misma presión final. Este comportamiento del vapor puede explicarse termodinámicamente, por el hecho de que el de mayor presión tiene una entropía más baja, según puede verse en la misma figura y, por lo tanto posee mayor «energía utilizable».

Comparemos ahora, basándonos de nuevo en el diagrama de Mollier, lo que ocurre en una instalación de condensación y en otra de contrapresión. En la primera, la entalpía I_b correspondiente al vapor de escape, representa un calor perdido. Para darnos cuenta de su gran importancia, supongamos que la presión del condensador vale 0,05 Kg/cm², en cuyo caso $I_b = 462$ calorías perdidas. Esta pérdida supone el 62 % del calor total del vapor vivo. En cambio, en las instalaciones de contrapresión, el calor del vapor de escape es utilizado para los requisitos de caldeo, y esto es lo que explica los altísimos rendimientos que pueden obtenerse en estas instalaciones.

Otra consecuencia importante la podemos obtener fijándonos de nuevo en el diagrama de Mollier (fig. 6), y es ésta: que cuan-

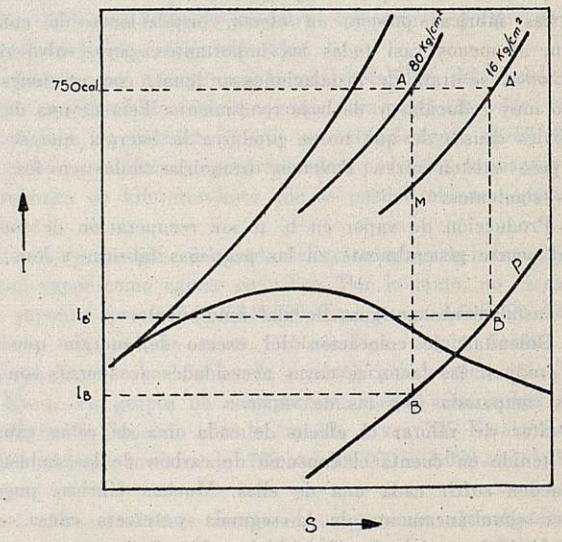


Fig. 6

Fragmento esquemático del diagrama I-S, de Mollier.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

do más elevada sea la presión $\bar{p}$ del escape, tanto mayor es el aumento proporcional del salto de entalpía al pasar de una presión del vapor vivo a otra más alta. Es decir, que prescindiendo de consideraciones de otra índole, habrá un mayor interés en aumentar la presión inicial cuanto mayor sea la contrapresión de trabajo. Para convencerse de ello basta imaginar en la figura 6 líneas isóbaras correspondientes a presiones de escape más elevadas que la dibujada y comparar los saltos de entalpía; en el límite, es decir, para una presión de escape de 16 Kg/cm², según el ejemplo considerado antes, obtenemos evidentemente una energía igual a cero, en el primer caso de los dos considerados (punto A'), y una energía finita equivalente al salto AM, en el caso de presión más elevada, haciéndose, por tanto, la proporción igual $AM/O = \infty$.

Está claro, pues, que, si desde el punto de vista del rendimiento, el empleo de las altas presiones es ventajoso en las centrales de condensación, lo es todavía mucho más en las centrales de contrapresión, y en mayor grado al ser mayor la presión de escape.

Resumiendo lo expuesto en este apartado, obtenemos las siguientes consecuencias, resultado del aumento de la presión del vapor vivo:

1.ª Que aumenta el rendimiento de los generadores de vapor, puesto que toma una mayor importancia el economizador al ser mayor el calor del líquido q y menor el latente de vaporización r.

2.ª Que a igualdad de calor total, aumenta en proporción importante el saldo de entalpía utilizable para producir energía.

3.ª Que este aumento es proporcionalmente tanto mayor cuanto más elevada sea la contrapresión.

Para darnos cuenta de la importancia práctica de lo que antecede, veamos ahora algunas cifras concretas.

Economías realizables por el empleo de más altas presiones.

F. Munzinger (1) ha estudiado las previsiones económicas para la adopción de presiones elevadas en el caso de una instalación de contrapresión bajo los siguientes supuestos:

Producción de vapor	100 Tm/hora.
Temperatura del vapor vivo	400° C.
Presiones del mismo	De 15 a 100 Kg/cm².

Utilizando dicho vapor en turbinas de contrapresión, considera tales valores diferentes para ésta:

1.	Contrapresión	2 atms.
	Potencia desarrollada	18.400 Kw.
2.	Contrapresión	6 atms.
	Potencia desarrollada	13.500 Kw.
3.	Contrapresión	10 atms.
	Potencia desarrollada	11.000 Kw.

Cada uno de esto tres casos ha sido desarrollado para dos duraciones de utilización: 7.200 y 4.800 horas.

Del detallado estudio de Munzinger procede especialmente destacar las consecuencias generales que, aunque conocidas, creemos interesante transcribir a continuación:

1.º «En el caso de utilización prolongada y de una caldera barata de pequeño volumen de agua, conviene siempre aumentar las presiones usuales hoy en día (1), y tanto más cuanto más elevada sea la contrapresión. Las economías realizadas por el aumento de la presión del vapor alcanzan del 10 al 20 por 100 según sea el valor de la contrapresión necesaria. Aquí el coste de la caldera tiene una influencia notable sobre la economía, salvo en el caso de fuertes contrapresiones y de ser elevado el coste del carbón.»

2.º «Para utilizaciones cortas y carbón barato, la presión más económica es la de 60 atms., para una contrapresión de 2 atms. y la de 100 atms. para una contrapresión de 10 atms. Las economías varían de 7 a 15 por 100.»

3.º «Para una utilización prolongada y carbón caro, la presión más económica es la de 100 atms. o más. Las economías alcanzan del 11 al 20 por 100.»

4.º «Siempre conviene aumentar la presión del vapor vivo de 15 a 30 atms., conservando las formas de las calderas y los esfuerzos usuales, para una utilización de 4.800 horas; se economiza del 5 al 10 por 100.»

5.º «En muchas instalaciones de contrapresión el paso a las muy altas presiones lleva consigo un riesgo notablemente menor que en las instalaciones de fuerza simple, ya que las previsiones de economía son mucho más favorables y los efectos imprevistos susceptibles de aminorar dicha economía no pueden hacer aleatorio el resultado final como en las instalaciones de fuerza sola.»

No cabe comentario ninguno a estas conclusiones, consecuencia de un estudio profundo del asunto, realizado por una autoridad en cuestiones de vapor. Unicamente podemos decir que la evolución de la técnica no sólo ha confirmado las previsiones de Munzinger, sino que incluso las ha superado en los últimos años.

Inversiones suplementarias.

Desde el punto de vista financiero es interesante anotar que el sobrecoste de las instalaciones de alta presión puede cifrarse, siempre según Munzinger, solamente en un 15 por 100 al pasar de 15 Kg/cm² a 100 para una misma potencia, sin que exista apenas diferencia entre las de media y alta presión. Su amortización suele ser rápida, sobre todo con combustible caro, y está generalmente comprendida entre 3 y 5 años, según la utilización.

No ofrece duda, pues, que al proyectar centrales de vapor y fuerza de nueva construcción siempre convendrá utilizar presiones elevadas. No obstante, y esto interesa mucho a las industrias de tipo químico existentes, también las instalaciones antiguas pueden beneficiarse de estas economías sin prescindir de todos los elementos existentes. Caben muchas soluciones o combinaciones, que deben ser estudiadas y aplicadas en cada caso particular por el ingeniero, con criterio práctico y económico. Podríamos citar multitud de ejemplos muy diversos referentes principalmente a fábricas de papel, tintorerías, azucareras, etc., pero nos limitaremos a mencionar la práctica más normal llamada de la instalación superpuesta, que consiste en substituir la caldera antigua de media presión por otra de presión elevada y en alimentar con ella la nueva turbina de contrapresión que descarga en la instalación antigua a la misma presión de la caldera substituída, y que alimenta sus turbinas o instalaciones, generalmente con recalentamien-

(1) F. Munzinger: «La vapeur a trés haute pression», pág. 144.

(1) Munzinger escribía esto en el año 1924. Sus previsiones se han ido realizando en los países más avanzados industrialmente, pero, desgraciadamente, sus palabras no han perdido actualidad en nuestro país.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

EVOLUCIÓN DE LOS CENTROS TÉRMICOS DESDE 1900 HASTA 1950

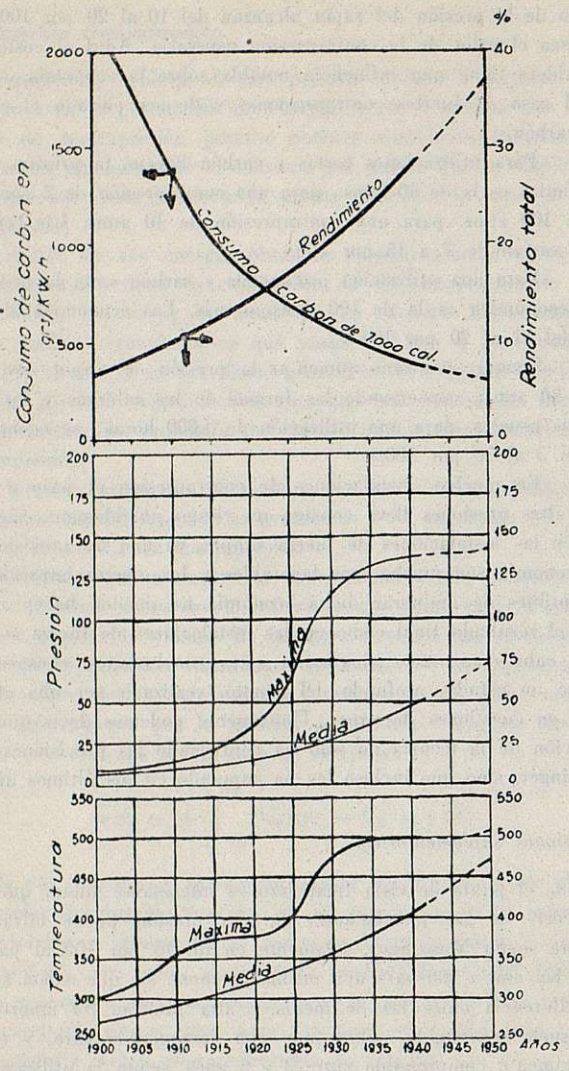


Fig. 7

to previo del vapor. Muchas veces puede convenir conservar la caldera o calderas antiguas como reserva. Con tales substituciones se ha llegado a aumentar la potencia de las centrales en un 90 por 100, con un aumento muy pequeño del consumo de combustible. Otras veces, por no convenir aumentar la producción, es posible reducir notablemente el consumo de combustible, prestando el mismo servicio que antes.

Tales reformas suelen amortizarse rápidamente con la economía de carbón realizada o, según el caso, con la sobreproducción de energía. Suele admitirse actualmente en Europa que una inversión suplementaria del 30 por 100 en perfeccionamientos de la instalación que mejoren en un 10 por 100 el rendimiento se amortiza en tres años, y en seis si la inversión es del 50 por 100.

Evolución de las presiones y temperaturas de trabajo.

Veamos ahora en su conjunto los progresos prácticos que se han hecho en este sentido. Según datos de Brown Boveri (1), ligeramente retocados para darles carácter más universal, hemos dibujado las curvas de la fig. 7 que representan, respectivamente, la evolución de la presión y temperatura del vapor vivo de las turbinas desde 1901 a 1941. La clara orientación de las curvas nos permite prolongarlas sin gran riesgo de equivocarnos hasta 1950. A estas curvas hemos superpuesto la de rendimiento de centrales térmicas de condensación, cuya forma ascendente es interesante observar, así como su complementaria del consumo de carbón por kilovatio-hora (2).

Para darnos cuenta de los enormes progresos realizados, aunque lentamente por las dificultades que ha habido que vencer, comparemos las presiones, temperaturas y rendimientos alcanzados en los años 1905, 1920 y 1945. Tal comparación puede verse en las cifras siguientes:

	1905	1920	1945
Presión máxima	10	30	(3) 140
Presión media anual...	8	12	60
Temperatura máxima...	320	375	510
Temperatura media anual	280	320	440
Rendimiento %	7	14	33
Consumo de carbón de 7.000 cal.-gr/Kwh.	1.750	880	370

Tales mejoras del rendimiento no se deben solamente a la elevación de las presiones de trabajo, sino también al aumento de la potencia las unidades y a los continuos perfeccionamientos logrados en el proyecto y construcción de calderas y turbogrupos que han contribuído a mejorar los rendimientos de cada una de las partes, así como de las instalaciones auxiliares y de recuperación.

Madrid, mayo de 1950.

(1) «Revue Brown Boveri», XXX, núm. 7/8, pág. 131/45.

(2) «La producción de energía eléctrica de origen térmico en España y sus límites económicos». A. Suárez y Fernández Pello, II, Conferencia en la A. N. I. I., el 15 de junio de 1945.

(3) En algún caso excepcional se ha llegado a 200 Kg/cm². Tal ha sido el de las calderas Benson, cuya idea original fué la de funcionar a las condiciones críticas, hoy en día abandonada.

Después de este trabajo se lee el núm. 109 siguiente:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 109.-Sistematización de las comunicaciones eléctricas a larga distancia

Autor: D. JOSE RUIZ DE GOPEGUI
Ingeniero de Telecomunicación

I

EL PROBLEMA

Hace más de treinta años que está planteado en España el problema de sistematizar las comunicaciones eléctricas de larga distancia. Es un contrasentido que a lo largo de muchas carreteras y vías de ferrocarril discurran dos y, a veces, tres líneas con circuitos para enlazar las mismas poblaciones, sin que, por lo común, estén aquéllas utilizadas más que en una pequeña parte de su posible capacidad: Los postes, los hilos, los servicios técnicos, los de conservación con sus cuantiosos gastos de personal de vigilancia, almacenes de repuesto, transportes, etc., todo está duplicado o triplicado. Y todo sale, naturalmente, de la economía nacional.

El mal ha sido reconocido siempre y con unanimidad. La solución no ha apuntado nunca. Y no sería justo atribuirlo exclusivamente a resistencias de los intereses implicados en el problema. Más cierto es que ha solido haber desconfianza o incomprensiones recíprocas.

Entre tanto, el mal ha ido agravándose. Y hoy sus consecuencias repercuten en el desarrollo de los propios servicios. La guerra ha devorado ingentes cantidades de madera, de hierro, de cobre..., materiales que en las líneas de telecomunicación se emplean por miles de toneladas (1). Y si antaño era absurdo duplicar o triplicar las inversiones de estas primeras materias, hogaño está resultando imposible porque, dado el desarrollo que han adquirido los servicios y el que en plazo muy corto deben adquirir, las disponibilidades de aquéllas no alcanzarán, siguiendo el sistema actual, a satisfacer las necesidades de uno solo de los servicios.

(1) En una línea aérea de 500 kms. de longitud con 16 circuitos de cobre de 3 milímetros de diámetro y 4 de 2 milímetros, de las cuales hay muchas en la red telefónica española, se invierten las siguientes cantidades de las primeras materias indicadas:

Madera	2.904	toneladas
Hierro y acero	207	»
Cobre	1.160	»

Pero, además, la técnica ha progresado en tal medida que seguir manteniendo aquella situación pasaría de ser un absurdo a constituir un verdadero despilfarro. Nos proponemos, en este trabajo, exponer los medios de que en la actualidad se dispone para desarrollar una vasta red de comunicaciones eléctricas de larga distancia; estudiar la situación española, y ofrecer una primera contribución a la técnica nacional, que se estima indispensable y urgente crear para la solución del problema.

II

RECURSOS DE LA TÉCNICA ACTUAL

El problema de una red de telecomunicación interurbana, reducido a su aspecto primario, consiste en habilitar, entre cualesquiera dos puntos distantes, un medio de comunicación rápida con terminales a los cuales puedan conectarse, manual o automáticamente, los aparatos locales correspondientes. Estos aparatos pueden ser telefónicos, o telegráficos, o de facsímile o incluso de televisión. Pero esto no nos importa por el momento. Lo esencial es disponer de «vías» o «canales» por donde puedan discurrir las señales características de la deseada comunicación, de tal suerte que ni se atenúen ni se deformen más de lo que consiente una fiel reproducción.

Muy sucintamente vamos a enumerar los recursos de que la técnica actual dispone para proporcionar estas vías.

1.—*Las líneas aéreas.*

Hasta bien entrado el siglo actual las comunicaciones interurbanas o de larga distancia eran sólo telegráficas y telefónicas, y el medio utilizado se reducía a los bien conocidos hilos de hierro o de cobre montados al aire, en apoyos de madera o de cemento. No se conocían los tubos de vacío, y para establecer —y en condiciones ciertamente deficientes— una comunicación telefónica entre dos puntos separados entre sí más de 500 kilómetros era menester emplear conductores de cobre de 5 milímetros de diá-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

metro, es decir, invertir 350 kilogramos de cobre por cada kilómetro de recorrido.

La aplicación de la carga (1) para conseguir líneas isomórficas redujo a un tercio la atenuación, y por tanto permitió multiplicar por 3 el alcance de las comunicaciones telefónicas, o bien reducir en la misma proporción el peso del cobre necesario y el coste de la construcción. Y en 1920 la aplicación de los amplificadores, hoy conocidos con el nombre de «repetidores», hizo posible aumentar indefinidamente el alcance de las comunicaciones, sin necesidad de incrementar, al mismo tiempo, el diámetro de los conductores. El repetidor, con sus elementos auxiliares, los igualadores y los correctores, han hecho innecesaria la carga y, como es más barato y más eficaz, la suplantó, hasta el punto de que ésta no volvió a aplicarse a las líneas aéreas. Más aún: en algunos países se habían gastado grandes sumas en cargar líneas de este tipo, y los técnicos hubieron de rectificarse a sí mismos y proceder al levantamiento de dicha carga y a instalar, en su lugar, repetidores.

Consideraciones ya exclusivamente mecánicas no consentían reducir el grosor de los conductores más allí de ciertos límites. Se tipificaron varios calibres, en España los de 3 y 2 milímetros, y, con enjambres de hilos de cobre de estos dos diámetros, están construídas las líneas que bordean nuestras principales carreteras.

2.—*Los cables equilibrados.*

Antes de 1910 no se podía hablar de cables de larga distancia, ya que los pocos cables interurbanos montados sólo servían para enlazar poblaciones muy próximas. Fué ya en la segunda década del siglo cuando empezaron a resolverse los problemas de la transmisión por este medio.

Al principio se apeló al costoso recurso de aumentar el diámetro de los conductores. Más tarde, a la carga, como se había hecho con las líneas. Después, a la aplicación de los repetidores, ya empleados en las líneas aéreas.

En los cables la inductancia y la conductancia tienen valores despreciables y, suponiéndolos nulos, se demuestra fácilmente que tanto la atenuación como la velocidad crecen proporcionalmente a la raíz cuadrada de la frecuencia de la corriente que se transmite. Por consiguiente, en una banda de frecuencias de voz, de 200 a 3.500 períodos por segundo, ambas características pueden variar entre 1 y 4, y esto da lugar a dos géneros de distorsión que hacen la conversación ininteligible en cuanto la longitud del circuito alcanza unas decenas de kilómetros.

La carga, según antes hemos visto, elimina prácticamente, dentro de la banda de frecuencias de voz, ambos tipos de distorsión y, además, reduce notablemente las pérdidas. Pero también dijimos que produce un descenso en la velocidad de propagación, y esto constituye un serio inconveniente porque da lugar, en los circuitos largos, a los fenómenos de eco. Dificulta también el necesario equilibrio de los circuitos de los repetidores ordinarios y hace que éstos entren en oscilación, provocando el llamado «canto» que inutiliza totalmente la comunicación.

Para corregir el primer defecto se empezaron a aplicar cargas cada vez más débiles, y, para vencer el segundo, se crearon los circuitos de cuatro hilos. Un circuito de cuatro hilos está constituído por dos circuitos bifiliares, uno para cada sentido de transmisión. Las dificultades del equilibrio se reducen muchísimo, porque sólo hace falta un equilibrador en cada extremo del circuito. Y la cantidad de cobre invertida no aumenta, porque, al ser posible obtener amplificaciones mucho mayores, el calibre de los conductores se reduce en tal proporción que el peso de los cuatro hilos es inferior al de los dos del circuito bifilar.

Los cables de larga distancia instalados por aquella época servían no sólo para el tráfico telefónico, sino también para una transmisión telegráfica simultánea por cada par de conductores, con frecuencias situadas por debajo del límite inferior de la banda de frecuencias de conversación.

3.—*La multiplicación.*

En los comienzos de la tercera década del siglo, esto es, allá por los años 1922 y 23, empezaron a emplearse los sistemas múltiples por separación de frecuencias. Las bandas microfónicas de un cierto número de aparatos, antes de ser lanzadas a la línea —aérea o en cable— se aplican a otros tantos dispositivos constituídos por un *modulador* y un *filtro*, y el resultado es un corrimiento de las bandas en el espectro o escala general de frecuencias. Con un cierto método se puede conseguir que las bandas trasladadas ocupen posiciones contiguas, separadas entre sí lo estrictamente necesario para que no se entremezclen y confundan. Y en esta forma se lanzan a la línea, para transmitirlas todas simultáneamente. En el extremo receptor un conjunto de filtros, puenteados sobre la línea, separa las diferentes bandas y las encamina por circuitos locales individuales, en cada uno de los cuales otro dispositivo, constituído como antes por modulador y filtro, realiza un corrimiento inverso al del lado de transmisión del circuito, y repone, por tanto, la banda en su posición original.

El sistema consiste, como se ve, en cambiar las frecuencias de los canales para distribuir éstos, superponiéndolos a lo largo de la escala de frecuencias; y se puede denominar por ello «multiplicación por distribución de los canales en el espectro» o más brevemente «multiplicación por superposición». Con este ingenioso artificio se pueden transmitir por el mismo circuito varias comunicaciones telefónicas simultáneas. ¿Cuántas? En las líneas aéreas al principio fueron 2; después 4; más tarde 16, y se ha llegado a 20. En los cables sin carga con aislamientos de papel se empezó por 12; luego fueron 24 y se ha llegado, hasta la fecha, a 48. En los cables coaxiles de que hablaremos luego se puede llegar al millar.

La carga y la multiplicación no son compatibles, puesto que la primera reduce la banda de paso y la segunda requiere bandas

(1) La carga o «pupinización» (de Pupin, profesor servio, naturalizado en Norteamérica, que fué el primero que la aplicó) consiste en insertar en la línea, a intervalos regulares, bobinas de inductancia, para compensar el efecto preponderante de la capacidad de las líneas normales.

La carga produce los siguientes efectos:

1.º Convierte la línea en una serie de células de filtro de paso bajo, cuya frecuencia de corte es tanto menor cuanto mayor es la inductancia de las bobinas de carga y la distancia que las separa.

2.º Aumenta el valor modular de la impedancia y, por consiguiente, permite transmitir la misma potencia con menos intensidad.

3.º Dentro de la banda de paso:

a) Reduce la atenuación.

b) Hace prácticamente independientes de la frecuencia a la velocidad de propagación y a la constante de atenuación.

c) Disminuye la velocidad de propagación.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

anchas para que puedan superponerse las de todas las comunicaciones simultáneas. Se inició así, en los cables, una tendencia que ha conducido a la misma solución antes aplicada a las líneas aéreas: la desaparición total de la carga. Y hoy, en efecto, ya no se cargan los cables, cuando su longitud es mayor de la de una sección de amplificación.

4.—*Los enlaces radioeléctricos.*

También por el año 1923 empezaron a instalarse y a explotarse comercialmente, como partes integrantes de las redes de larga distancia, los circuitos inalámbricos. Y en 1926 se inauguró el primero de dichos enlaces, trasatlántico, entre Londres y Nueva York, el cual permitió no tan sólo establecer comunicaciones telefónicas regulares entre dichas dos grandes poblaciones, sino, lo que es todavía más importante, conectar entre sí las redes de ambos continentes.

Un enlace radioeléctrico está compuesto de dos comunicaciones unilaterales, unidas entre sí como los dos circuitos bifilares de una comunicación de cuatro hilos. Al principio se creyeron más seguras las frecuencias medias (de 300 a 3.000 kc.) y ello obligó a utilizar grandes potencias. En el circuito Londres-Nueva York, para dar el servicio llamado comercial, fué preciso poner en cada antena de emisión nada menos que 200 kilowatios y consumir en generador por encima de los 1.000. Hoy, gracias a la utilización de las frecuencias altas (de 3.000 a 30.000 kc.), se trabaja con potencias de unos pocos kilowatios. Y la reducción de potencia y de longitud de onda ha traído aparejada una enorme economía de antenas, equipos de fuerza, etc., con lo cual las tarifas de las comunicaciones trasatlánticas, al principio muy elevadas, han podido ponerse a precios asequibles.

En 1932 se empezó a aplicar a los enlaces radioeléctricos con ondas cortas el método de transmisión de banda única y supresión de portadora, que tan buenos resultados venía dando en las transmisiones por hilos, lo cual se tradujo en considerables ganancias (hasta 9 db.) en la relación señal a ruido, y por consiguiente en una gran mejora de la calidad de la comunicación. Y poco después, la multiplicación, que en radio parece no tener sentido puesto que el medio de transmisión es gratuito, también se empezó a utilizar con excelente éxito, modulando una misma portadora con varios circuitos de conversación para obtener los sistemas radiotelefónicos multicanales. La ventaja proviene en este caso de la economía que puede conseguirse en los equipos y en el gasto de potencia.

5.—*El cable coaxil.*

La práctica de ensanchar progresivamente la banda de transmisión en los cables, tan brillantemente iniciada, según hemos visto, ha tenido luego un deslumbrante desarrollo con los cables coaxiles, que son susceptibles de dar paso a un millar de comunicaciones telefónicas y, simultáneamente, a una banda de televisión.

El cable coaxil o concéntrico consiste, en esencia, en un conductor axil envuelto por otro cilíndrico, ambos muy bien aislados entre sí y el segundo puesto a tierra. El paso de transmisión para las altas frecuencias está constituído por la superficie exterior del conductor interior y por la superficie interior del conductor exterior; en cambio, las corrientes perturbadoras se concentran en la superficie exterior de este último. Se ve, pues, que el tubo cilíndrico exterior desempeña dos funciones: la de dar paso a las corrientes útiles y la de proteger el circuito de transmisión contra toda influencia exterior, protección que es tanto más eficaz cuanto más altas son las frecuencias que se transmiten.

Las dimensiones de los dos conductores del cable coaxil no son indiferentes: hay una relación óptima de diámetros a la cual corresponde la mínima atenuación del circuito para las altas frecuencias, y, cuando esta condición se cumple, la atenuación crece proporcionalmente a la raíz cuadrada de la frecuencia y es inversamente proporcional al diámetro exterior del cable. De donde se deducen inmediatamente dos reglas de aplicación práctica, de gran interés: 1.ª, fijada la distancia a que quieren colocarse los amplificadores o repetidores de una instalación de cable coaxil, la anchura de la banda de frecuencias que podrá por él transmitirse, es decir, el número de canales, crece como el cuadrado del diámetro exterior del cable; 2.ª, el margen de frecuencias que puede transmitirse por un determinado cable coaxil crece como el cuadrado del número de repetidores.

El cable coaxil ha de ir enterrado y tiene que llevar amplificadores cada 15 kilómetros o menos, y, cuando se quiere transmitir una banda televisual, más próximos todavía. Y como los gastos de instalación son muy elevados, no es aplicable a rutas cortas o de poco tráfico.

6.—*Los cables inalámbricos.*

Son más modernos que el cable coaxil y están constituídos por enlaces radioeléctricos con ondas dirigidas de frecuencias ultraelevadas y superelevadas (de 300 a 30.000 Mc.). La palabra «cable» se está generalizando aplicada a este género de enlaces, porque: *a*) proporcionan comunicaciones de tan buena calidad como los cables pares; *b*) encauzan la radiación por un haz casi cilíndrico, tan estrecho que recuerda al cable ordinario; *c*) no perturban a otras comunicaciones ni son perturbados por ellas, es decir, van canalizados por el espacio como los cables auténticos, y *d*) dan gran número de comunicaciones telefónicas simultáneas, desde 24 hasta más de un centenar.

La multiplicación se ha logrado en este caso por los procedimientos fundamentales distintos: Uno, el clásico, a que ya nos hemos referido en párrafos anteriores, por división de frecuencias; otro, más reciente, por división de tiempo (1), mediante el modernísimo sistema de la modulación por impulsos. Hasta 24 canales se han llegado a superponer sobre una misma portadora con este segundo procedimiento, que recuerda a los viejos sistemas telegráficos de transmisión múltiple sucesiva. Bien que en los sistemas telegráficos, tan conocidos, la unidad de tiempo que se distribuye entre los distintos canales («sectores»,

(1) Un problema que con mucha frecuencia se plantea en España a los técnicos de Telecomunicación es encontrar expresiones breves y adecuadas para designar los conceptos que continuamente surgen. Acabamos de hablar de dos métodos de transmisión múltiple, llamados a dar mucho juego en el futuro de las comunicaciones eléctricas: Uno, por división del margen de frecuencias transmitido y superporsición, en este margen, de las bandas de los diferentes canales; otro, por división de la unidad de tiempo adoptada y yuxtaposición, en esta unidad de tiempo, de los intervalos asignados a cada cual. El autor se atreve a proponer que el primer método se designe transmisión múltiple *por superposición*, y el segundo, transmisión múltiple *por yuxtaposición*.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

en este caso) es del orden de los segundos, y en los sistemas radiotelefónicos, del orden de los microsegundos.

Al revés que los coaxiles, estos cables inalámbricos son económicos en distancias cortas y con pocos canales, sobre todo si entre los puntos extremos hay visibilidad o «línea de horizonte». Y, aunque la modulación en frecuencia requiere, en general, una anchura de banda mucho mayor que la modulación en amplitud, la portadora radiada en estos sistemas se modula siempre en frecuencia, porque: *a*) se obtiene mejor relación señal a ruido; *b*) con las frecuencias utilizadas, es más fácil modular en frecuencia que en amplitud, y *c*) la región de frecuencias disponibles es tan ancha que excusa de buscar toda economía en ella.

Hasta ahora no se ha encontrado práctico construir equipos de modulación por impulsos de más de 24 canales; pero si la necesidad de comunicaciones entre dos puntos dados es mayor, se pueden utilizar, entre los mismos, 10 o más grupos de 24 canales con bandas de 10 megaciclos que se pueden espaciar de 50 en 50, utilizando, por ejemplo, 9.500, 9.600 ... 10.400 megaciclos, en un sentido de transmisión y 9.550, 9.650 ... 10.450, en el opuesto.

7.—*Cables submarinos.*

El primer cable telefónico submarino fué instalado en 1891, a través del Canal de la Mancha, y alojaba cuatro conductores aislados con gutapercha. En el año 1897 y siguientes, se tendieron los primeros cables submarinos con aislamiento de papel y cubierta de plomo; como no estaban cargados, su alcance era muy reducido y su longitud no excedía de los 20 kilómetros.

La pupinización aplicada a los cables terrestres parecía impracticable en los cables submarinos por los problemas del tendido. Se recurrió a un procedimiento de carga continua, denominado «krarupización», y el primer cable así cargado fué tendido en 1902. En los años siguientes se instalaron algunos otros, el más largo de los cuales medía 75 kilómetros. En 1920 se llegó a cubrir la distancia de 176 kilómetros con un cable krarupizado con tres cuadretes telefónicos y tres líneas telegráficas independientes. En 1926, vencidas las dificultades que el lanzamiento de las bobinas de carga ofrecía durante el tendido, se empezaron a instalar cables submarinos pupinizados, y en 1929 se tendió uno con nada menos que 42 cuadretes para 63 comunicaciones telefónicas de cuatro hilos, y un circuito independiente para transmisión radiofónica.

La progresiva mejora de las condiciones de diafonía ha permitido incrementar la atenuación de las secciones de amplificación, y se han llegado a admitir más de 60 decibelios a las frecuencias de voz, con lo cual se ha podido tender cables submarinos telefónicos de 300 kilómetros de longitud, y de mucho más, si en el troyecto hay islotes donde puedan construirse las casetas de repetidores. Naturalmente, en los cables de este género, con conductores delgados y aislamiento de papel, no es aplicable la multiplicación por superposición, porque ésta requiere colocar los amplificadores a distancias muy cortas.

Para transmitir por cables submarinos gran número de bandas, se ha recurrido, desde un principio, al sistema coaxil, con un conductor central envuelto con guta o paraguta, y otro cilíndrico exterior en contacto con el agua del mar. El primer cable de este tipo se estableció entre Key-West y La Habana, y en España hay otro enlazando las dos principales islas del archipiélago canario. El último de que tenemos noticias fué fabricado en los Estados Unidos durante la última guerra para enlazar con 4 canales telefónicos y otros 4 telegráficos dos lugares incógnitos de Rusia, distanciados 240 kilómetros.

8.—*Canales telegráficos.*

La telegrafía, el más antiguo de los medios de comunicación eléctrica, pasó por un período de crisis cuando, con la aplicación de la carga y los repetidores a los circuitos telefónicos, se hizo posible la comunicación hablada a cualquier distancia. Pero luego, paradójicamente, lo que más decisivamente ha contribuído al desarrollo de las modernas modalidades de la transmisión telegráfica ha sido, precisamente, el perfeccionamiento de los sistemas creados por la técnica telefónica, sistemas que han permitido obtener canales telegráficos seguros estables, económicos y en número suficiente para que las entidades explotadoras se decidan a abandonar las normas clásicas y a buscar los nuevos e interesantes campos de aplicación a que se prestan las especiales características (facilidad de conexión, economía, carácter documental, innecesaria coincidencia de ambos corresponsales) del servicio telegráfico.

No es admisible hoy, en términos generales, la norma que desde el siglo pasado se viene practicando en España de construir largos circuitos metálicos para dar paso a una sola transmisión de señales telegráficas. Raramente se justifica esto en distancias cortas. En distancias contadas por centenares de kilómetros, el caso es tan extravagante como lo sería construir, en parajes surcados por grandes pistas, una estrecha carretera para que por ella circularan algunos coches que por aquéllas pasarían casi inadvertidos.

El ancho de banda de una transmisión telegráfica es insignificante en comparación con el de un canal telefónico. Desde luego, está relacionado con la velocidad de transmisión que se desea y crece con ésta. Para una velocidad de 50 baudios, que es la de los teelescritores generalizados en las explotaciones telegráficas, se estima en 80 ciclos. Caben, pues, muchos canales telegráficos en un solo canal telefónico. Como hay que reservar algún margen para que las fronteras inclinadas de los filtros se corten con una atenuación suficiente —del orden de 20 decibelios por lo menos— se acostumbra a asignar un módulo de 120 ciclos a cada canal telegráfico (1). Y, entonces, en un canal telefónico de banda estrecha —300 a 2.500 ciclos— se pueden alojar hasta 18 canales telegráficos; y en un canal del ancho prescrito para las comunicaciones internacionales —300 a 3.400 ciclos— más de 24. Se han extendido los sistemas de 18 y de 24 canales.

El conjunto de los 18 ó de los 24 canales se transmite por el canal telefónico de igual forma que una conversación cualquiera. En el lado de transmisión el grupo que forman las 18 ó 24 portadoras telegráficas, cada una de ellas modulada con la banda de señales respectiva, se aplica, como si fuera la banda de frecuencias de un micrófono, al modulador del canal telefónico co-

(1) Este margen de frecuencias de canal podría aún reducirse a la mitad si el método de banda única con supresión de portadora usado en las transmisiones telefónicas múltiples por superposición, fuese aplicable al telégrafo; pero no es así, porque, si bien en telefonía se puede, sin mengua de la inteligibilidad de las palabras transmitidas, prescindir de las frecuencias interiores a 200 ó 300 ciclos, en telegrafía, es indispensable utilizar todas las frecuencias moduladoras a partir de cero, y resulta prácticamente imposible filtrar una sola banda lateral.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

rrespondiente; y en el lado de recepción, el demodulador del mismo canal, repondrá el grupo de las 18 ó 24 portadoras telegráficas moduladas, para que, después de filtrada, sean nuevamente demoduladas, una a una, en los demoduladores del canal telegráfico correspondiente.

Como tanto, 18, como 24, son muchos canales para las necesidades de muchas rutas, se han construído otros sistemas más baratos que permiten alojar en un canal telefónico ancho 12 canales telegráficos de 240 ciclos de módulo, y en uno estrecho 9.

El método requiere, como hemos visto, anular un canal telefónico para convertirlo en 9, 12, 18 ó 24 canales telegráficos. Pero, cuando el número que se necesita de los últimos es menor, ni siquiera hace falta renunciar al canal telefónico. Por debajo de la banda de frecuencias del canal telefónico inferior de los sistemas múltiples por superposición y por encima del canal de frecuencias de voz, suele quedar sin aplicación una zona que permite alojar varios canales telegráficos. Cuando estos canales existen, se designan con el calificativo de superaudios.

9.—*Canales de programa.*

Es práctica corriente en los servicios de radiodifusión acústica transmitir los programas por teléfono para que puedan radiodifundirlos simultáneamente varias emisoras. Como la zona de buen servicio de una de estas emisoras es siempre limitada, los buenos programas pueden, de este modo, escucharse agradablemente en zonas adonde no alcanza el radio de acción eficaz de la antena situada en el lugar en que aquéllos tienen lugar.

Ahora bien, los requisitos de un canal apropiado para la transmisión de composiciones musicales, en cuanto al margen admisible de distorsión de frecuencia y de velocidad y a la limpieza de ruidos y perturbaciones, son sumamente severos. Y, por otra parte, para reproducir con fidelidad los sonidos de una orquesta hace falta un ancho de banda 2 ó 3 veces mayor que el de un canal telefónico y extendido por ambos lados, de tal forma que se transmitan las frecuencias desde 30 ó 40 ciclos hasta 8.000 ó 10.000.

Se lograban estas condiciones, hasta hace poco, con pares especiales alojados en el eje de los cables equilibrados, provistos de una pantalla electrostática y cargados muy débilmente. Como hoy las comunicaciones de larga distancia se sirven casi exclusivamente con canales obtenidos por multiplicación, se recurre a un procedimiento inverso, en cierto modo, al de los canales telegráficos: En este último caso, un canal telefónico se divide en varios canales telegráficos; en el de los canales para retransmisiones radiofónicas, varios canales telefónicos —en general, tres— se agrupan para sacar un solo canal de programa.

10.—*Peculiaridades de los distintos medios técnicos.*

Tales son, a grandes rasgos, los recursos que proporciona la técnica de nuestros días para obtener canales o vías interurbanas de telecomunicación. Con mayor brevedad aún, vamos a resumir las características más destacadas de cada uno.

Las *líneas aéreas* requieren mucho cobre; pero son baratas, fáciles de construir y de ampliar y, en climas y terrenos como los nuestros, suficientemente estables. En las rutas de corto número de circuitos no pueden ser substituídas.

Los *cables equilibrados* son más seguros y, con menor cantidad de cobre, proporcionan un número de circuitos mucho mayor. Son, en cambio, más caros, tanto por su propia instalación como por la de los equipos de amplificación, que requieren en gran número. Su justificación económica no empieza hasta que el número de circuitos necesarios en ruta supera al de los que puede llevar la línea aérea.

Los *circuitos radioeléctricos* con frecuencias altas dan peor calidad de transmisión que los circuitos metálicos; pero son imprescindibles cuando hay que salvar grandes distancias por parajes inaccesibles a la instalación de los últimos: La conexión telefónica con Canarias, por ejemplo, no sería realizable de otro modo.

El *cable coaxil* exije gastos de primera instalación muy elevados, no sólo por el propio cable, sino, más principalmente, por los equipos que lleva consigo, que son carísimos. Por eso, no es aplicable más que a rutas de gran longitud y de tráfico muy denso. Cuando se dan estas dos circunstancias, proporcionan canales más estables y más económicos que los otros medios.

Los *cables inalámbricos* facilitan vías de tan buena calidad como los circuitos metálicos y son económicos en trayectos cortos, aunque sólo se necesite una veintena de canales; sobre todo, si entre los puntos extremos hay línea de horizonte. En la actualidad, se empiezan a aplicar en trayectos largos con estaciones de relevación intermedias y parece ser que ofrecen perspectivas muy halagüeñas.

Los *cables submarinos* también proporcionan comunicaciones excelentes, pero son muy costosos, y su conservación puede ser, o muy barata, cuando están tendidos en mares tranquilos y profundos, o exorbitantemente cara, si atraviesan zonas con corrientes submarinas y se averían con alguna frecuencia.

III

POLÍTICA ECONÓMICA

1. *El telégrafo y el teléfono.*

Las ideas expuestas, necesariamente imprecisas, ponen de manifiesto que el problema de planear una red de telecomunicación exige la inteligente coordinación de circuitos alámbricos e inalámbricos, de líneas aéreas y de cables, de canales telegráficos, telefónicos y de teledifusión y de sistemas múltiples por superposición y por yuxtaposición.

En cada caso habrá que determinar cuál de los medios es más eficaz y económico, atendiendo a las cuatro condiciones fundamentales de toda red: calidad, estabilidad, conservación fácil y económica y posibilidad de proseguir ordenadamente su desarrrollo. Lo cual obliga a muy meditados estudios y a una severa y objetiva estimación de las necesidades que se trata de servir. Y exige, por parte de los ingenieros que hayan de realizar dichos estudios, profunda y clara visión del futuro de la propia red.

En la actualidad, las líneas telefónicas españolas de larga distancia, tienen, aproximadamente, el siguiente desarrollo:

28.000	kilómetros	de línea de postes.
150.000	»	de circuito aéreo bifilar.
495	»	de cable interurbano.
85.000	»	de circuito en cable.
74	»	de cable submarino.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

La red telegráfica, este otro:

41.000 kilómetros de línea de poste.
133.000 » de conductor sencillo.
7.350 » de cable submarino.

Y todavía quedan las líneas de la RENFE, las municipales y particulares y algunas otras.

Ahora bien, el sistema de transmitir las comunicaciones telefónicas por una línea y las telegráficas por otra, no tiene defensa posible, porque ya hemos visto que los mismos hilos pueden llevar simultáneamente unas y otras. Acaso tuvo disculpa —nunca justificación— cuando la telecomunicación era una cosa embrionaria, exenta de complicaciones, muy poco desarrollada y, por consecuencia, barata. Pero hoy que cualquier red cuesta en seguida millones de pesetas y, por lo común, muchos cientos de millones de pesetas: hoy que estos servicios consumen cantidades ingentes de cobre que no tenemos, de plomo, que no tenemos y de madera y hierro que tanta falta hacen en otros sectores de la economía nacional, y necesitan equipos muy costosos, que hay que pagar en divisas, hoy, seguir por este camino requiere, cuando menos, muy madura reflexión.

La primera consecuencia de esta reflexión es la siguiente: Resulta, sencillamente, ridículo que el telégrafo y el teléfono quieran ignorarse, como si se tratara de rivales que no tienen más obligación que hacerse competencia. Ambas modalidades de la telecomunicación tienen campos afines, pero no comunes, y lo mismo en la contribución que prestan al desenvolvimiento de todas las actividades nacionales que en su propio régimen de explotación interno se suplen, ayudan y complementan.

2.—*Red aérea o subterránea.*

He aquí un tema sobre el cual se suele hablar y escribir a la ligera. Con argumentos ambiguos y de tipo general se ha intentado justificar la necesidad de construir una red totalmente subterránea; pero si los que tal defienden se hubieran tomado la molestia de hacer números, es seguro que fuera otro su parecer: una línea aérea de 100 kilómetros de longitud con dos crucetas y 20 hilos de dos milímetros cuesta, instalada, menos de 3 millones de pesetas; un cable coaxil con cuatro tubos, de la misma longitud cuesta, sin instalar, más de 16 millones; un cable con aislamiento de papel de 98 cuadretes, también sin instalar, no vale menos de 28 millones.

La línea aérea no necesita repetidores, aunque se explote en múltiple; el cable coaxil requeriría seis amplificadores intermedios y el cable de pares, con transmisión múltiple tres estaciones de repetidores intercaladas. Los equipos terminales de la línea aérea son baratos; los de los cables se valoran siempre en millones, y si se trata de cable coaxil, en buen número de millones. Hay, pues, una diferencia astronómica entre el coste en servicio de una línea aérea y el de la misma línea subterránea, y si la primera cubre con creces las necesidades de muchas rutas, durante una decena o una veintena de años, y además es fácil y económicamente ampliable, ¿qué importa que la capacidad de la segunda sea mayor? El factor seguridad no puede justificar una diferencia de inversión inicial tan considerable, máxime si se tiene en cuenta que, como ya se ha dicho, en climas como el nuestro las líneas aéreas ofrecen garantías suficientes; y tampoco es lícito perder de vista la rentabilidad, porque es necesario que la red disponga de muchos canales telefónicos y telegráficos, pero es igualmente necesario que estos canales sean baratos.

No importa que en el resto de Europa el 70 % de las comunicaciones interurbanas, tanto telegráficas como telefónicas, discurran por cables. En nuestro concepto, la red española es y tendrá que ser durante varios lustros predominantemente aérea. Sus grandes arterias, las rutas internacionales principales y las que enlazan las regiones de mayor tráfico irán, paulatinamente, convirtiéndose en subterráneas. Es decir, la red tenderá progresivamente a transformarse en subterránea; pero siguiendo un proceso lento, cuyo fin, por su lejanía, ni siquiera se vislumbra (1).

3.—*Tipificación.*

Una cosa no deja, desde ahora mismo, el menor lugar a dudas: cualesquiera que sean los medios de transmisión que en cada caso se utilicen, habrá que acudir, necesariamente, a la multiplicación. Hay que apurar el rendimiento del cobre para obtener canales abundantes y baratos y para sacar el mayor provecho posible de las escasas disponibilidades de este material. Hay, por tanto, que desarrollar en gran escala los procedimientos de multiplicación. La superposición será indispensable en las líneas aéreas, en los cables de pares, en los coaxiles y, en menor escala, en los cables submarinos y en los circuitos radioeléctricos; la yuxtaposición habrá de aplicarse en los cables inalámbricos.

Ya hemos visto que en el momento actual existen en España 150.000 kilómetros de circuito telefónico en línea aérea y 85.000 de circuito físico en cable, y según datos que se deducen inmediatamente de la Memoria Anual de la Compañía Telefónica Nacional, sólo 14.258 kilómetros de los primeros están explotados con sistemas de 1, 3 y 12 canales y ninguno de los segundos se utiliza en múltiple. Existen, por otra parte, según la Estadística Telegráfica de España publicada por la Dirección General de Telecomunicación, 49.364,9 kilómetros de conductor de cobre en líneas aéreas y 2.879,1 de conductor también de cobre en cable; y nada de ello se explota en múltiple por superposición. Es decir, que menos de un 5 % del cobre de las líneas de telecomunicación españolas no rinde otro provecho que el bien pobre y primitivo de un canal por circuito. Aunque admitamos que un 50 % de la longitud total de las líneas no pueda nunca multiplicarse, es evidente que queda muchísimo camino por andar.

Empero este camino tan necesario y tan sugestivo requiere como condición previa la tipificación de los sistemas que hayan de instalarse para que las bandas de frecuencias, las secciones de amplificación y los niveles permitan la máxima densidad de sistemas y canales en todas las líneas.

Requiere también la tipificación de los elementos que entran en la composición de los sistemas, porque la red necesitará pronto osciladores, moduladores, correctores, termistores, filtros, ate-

(1) Este trabajo fué preparado para ser presentado al II Congreso Nacional de Ingeniería, en octubre de 1949, fecha para la cual se anunció en un principio aquél. Entre tanto la técnica no se ha detenido y hoy es más probable que la transformación de la red aérea en subterránea sea todavía más lenta e incluso que no llegue a desarrollarse ampliamente nunca si, como parece seguro, los cables hertzianos proporcionan soluciones igualmente satisfactorias y más económicas.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

nuadores, válvulas, igualadores y algunos otros órganos y aparatos por millares o por decenas de millar, casi con la misma profusión con que hoy necesita los aparatos de abonado, y tendrá importancia decisiva en la política económica de la red el que estos elementos sean idénticos, para que resulten intercambiables y puedan construirse y repararse por los métodos industriales de fabricación en serie.

En fin, si, según ya hemos apuntado, a medida que el tráfico lo vaya pidiendo, parte de las líneas aéreas irán pasando a convertirse en subterráneas, salta a la vista el interés que para el desarrollo económico y ordenado de la red ha de tener que los elementos constitutivos de los equipos que se usen con el primer tipo de construcción puedan también utilizarse cuando se pase al segundo, y que en el período de transformación que ha de ser largo, sean aquéllos aplicables a uno y a otro indistintamente.

4.—*Perspectivas.*

No es posible detenerse. La red española, en lo que afecta a las comunicaciones telefónicas, estuvo un tiempo a la altura de las mejores de Europa. ¿Lo está hoy? Y, sobre todo, ¿lo estará dentro de un lustro? Algunas consideraciones aisladas pueden ayudar a que cada cual se formule por sí mismo la respuesta:

Primera. Cuando el servicio es de buena calidad y rápido, el tráfico crece sin cesar. En las comunicaciones de larga distancia se da el hecho siguiente: Un aumento moderado de circuitos reduce la demora; pero sólo durante algún tiempo, porque el mejor servicio estimula a los usuarios y la sobrecarga se restablece. Es decir, que a la mejora de la red sucede un período durante el cual el incremento del tráfico y el de la demora son paralelos hasta un cierto límite, rebasado el cual la demora ahoga todo nuevo desarrollo del tráfico.

Para sostener el servicio con la rapidez inicial hace falta que el aumento de circuitos no se interrumpa. Entonces la experiencia de todos los países muestra que el tráfico crece anualmente en progresión geométrica de razón comprendida entre 1,2 y 1,3, sin que hasta la fecha se haya llegado a la saturación en ninguna parte.

Segunda. El uso de la conmutación automática ha contribuído poderosamente al desarrollo de la telefonía urbana, porque una llamada hecha con disco se puede completar en menos de 20 segundos. Es, pues, perfectamente natural que se trate de extender el método a las comunicaciones de larga distancia y no hay para ello dificultades técnicas que sean insuperables. Como pasos previos se requiere:

a) Elaborar un sistema de numeración nacional que abarque a todos los teléfonos del país y substituya al sistema actual de numeración local. Cada provincia y cada ciudad se designarán entonces por un prefijo que se forma con una breve combinación de dígitos, o de dígitos y letras. Bélgica, Dinamarca, Holanda, Suecia y Suiza, en Europa, tienen ya este sistema de numeración en servicio. Otras naciones lo están preparando.

b) Disponer de canales de comunicación abundantes y de cuatro hilos. Lo primero requiere, a su vez, que sean baratos.

Tercera. En América está en ejecución un plan de interconexión para los Estados Unidos y el Canadá, mediante el cual, en un primer período, los abonados podrán ser llamados automáticamente por el operador interurbano de cualquier población distante; y en el segundo y último los propios abonados podrán llamarse automática y directamente entre sí, cualquiera que sea la localidad donde se encuentren. Esto es ya una realidad en amplias zonas del territorio que se van ensanchando progresivamente.

En Europa, la devastación causada por la última conflagración ha obligado a dedicar la principal atención a la reconstrucción de la mayor parte de las redes; pero ya se está incubando otro plan, no tan ambicioso en su primera parte, que permitirá llamar automáticamente al centro telefónico distribuidor del tráfico en el país con el que se desea comunicar para que luego prolongue éste la llamada hasta el abonado deseado. El objeto final, lo mismo que en el plan americano, es que los abonados se llamen entre sí directa y automáticamente.

5.—*Necesidad de una técnica nacional.*

Para andar este camino en España es imprescindible, repetimos, desarrollar en gran escala los métodos de multiplicación: Una línea de 600 kilómetros con 16 circuitos bifilares absorbe unas 1.200 toneladas de cobre y cuesta más de 20 millones de pesetas. Según el procedimiento de explotación que se aplique puede proporcionar desde 24 vías telefónicas y ocho telegráficas hasta más de 200 telefónicas y todas las telegráficas que se quiera, y gracias a ello es posible obtener hoy canales de comunicación con la profusión que el desarrollo de los servicios ha hecho necesaria.

Se fabrican sistemas de telefonía múltiple por superposición para todos los gustos y necesidades: De banda ancha y de banda estrecha; de 1, de 3, de 6, de 12 y de 16 canales, para líneas aéreas; de 8, de 10, de 12, de 24 y de 48, para cables de pares; de 60 o cualquier múltiplo de 60, para circuitos coaxiles; de bandas directas o invertidas; de modulación simple y de dos, tres y aún más etapas de modulación; para transmisión, cuadrifilar y para transmisión bifilar, etc. Y con análoga variedad se construyen los sistemas telegráficos. La hora de la decisión sobre cuáles hayan de importarse está, pues, erizada de dificultades y de responsabilidades. Pero como hay preocupaciones de otros órdenes —disponibilidad de divisas, permisos de importación, existencias en fábrica, etc.—, cuando se logra vencer estas últimas, las primeras pasan a segundo plano y se importa lo que se puede, porque cualquier cosa que se importe es, en efecto, útil y produce un alivio momentáneo, aunque a la larga, y no muy a la larga, resulte incompatible con las condiciones básicas de toda red que ya se han señalado; calidad, estabilidad, fácil entretenimiento y crecimiento ordenado.

Salta a la vista que el camino no debiera ser ese. Más racional sería estudiar nuestras necesidades, derivadas de lo que reclame el desarrollo previsible y global de los servicios, DE TODOS LOS SERVICIOS, y del mejor aprovechamiento de lo que tenemos; y sobre esta base formular un plan de sistemas telefónicos y telegráficos que habría de construir la entidad o fábrica suministradora. Así lo hacen muchas administraciones de países extranjeros que carecen de técnica propia.

Pero nosotros deberíamos aspirar a más. Deberíamos aspirar a crear esa técnica, inspirada en nuestras propias necesidades, para ofrecerla a las fábricas que ya poseemos, con el fin de que estas fábricas manufacturasen lo que necesitamos, en la

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

forma que lo necesitamos, y sin tener que pagar patentes ni buscar divisas.

¿Es que la técnica de que se trata tiene tan sublimes secretos que no se puede aspirar a desentrañarlos? De ningún modo. ¿Es que no hay mercado? Ahí está la antiquísima red telegráfica española pregonando lo contrario. Y no sólo la red telegráfica: la red telefónica está necesitada y ansiosa de una formidable expansión (1). Las compañías de ferrocarriles y de navegación aérea necesitan canales telefónicos y telegráficos abundantes y baratos. La red de energía eléctrica los necesita también. Las fuerzas de seguridad interior y exterior, lo mismo. El mercado es, pues, seguro, durante muchos años, para ganar el tiempo perdido y permanentemente para reponer y ampliar los sistemas, con sólo atender las necesidades nacionales, y más adelante quizá la Argentina y otras naciones de Hispanoamérica fueran campo propicio para la colocación de nuestros equipos... ¿Cómo se puede admitir que haya en España menos mercado que en Suiza o en Holanda o en Suecia? Pues Suiza, Holanda y Suecia tienen, en este campo, una técnica nacional propia. Y aún podríamos añadir que Suiza la inició hace trece años, y en tan corto lapso la ha puesto a la cabeza en Europa.

El problema de la red de telecomunicación española es distinto del de otras redes. Sus facetas no pueden impresionar a una técnica extranjera y una solución a la medida no nos la dará nadie, si no nos la procuramos nosotros mismos. Pero, además, es absolutamente evidente que hay que decidirse a empezar. ¿Adónde se va si no comenzamos nunca? ¿Quién es capaz de pensar que el sistema de comunicaciones telefónicas y telegráficas de España ha de poder seguir el ritmo de progreso con que se desarrollan los de otras naciones, si todos los nuevos equipos nos tienen que venir de fuera y si aquí nos limitamos a fabricar los de veinte años atrás, y éstos con patentes forasteras?

IV

CONTRIBUCIÓN A LA TÉCNICA PROPIA

En el campo de la multiplicación a que de preferencia nos venimos refiriendo, es perfectamente posible lanzarse a la empresa, desde ahora mismo.

He aquí una primera contribución a la tarea.

1.—*Bases teóricas de la superposición.*

Hasta 1920 las corrientes generadas por la manipulación, en telegrafía, o por la vibración de la membrana microfónica, en telefonía, se enviaban sin modificación alguna a la línea. El método no pudo aplicarse en radiocomunicación, porque las oscilaciones de una antena, para tener eficacia, han de ser de alta frecuencia. Se hizo por eso necesario apelar a algún artificio y este artificio fué la modulación.

Modulación es la variación continua y periódica de una de las dos constantes —amplitud o fase— del movimiento sinusoidal simple. Y en radiocomunicación consiste en hacer que la amplitud o fase de una corriente de alta frecuencia cambie en función de la amplitud instantánea de la señal que se transmite. Si se hace variar la amplitud se produce la *modulación en amplitud* (MA); si la característica que se altera es la fase, resulta la *modulación en fase* (MP) y cuando la modulación en fase cumple ciertas condiciones, se denomina *modulación en frecuencia* (MF).

No sería propio de este trabajo hacer un estudio de estas tres clases de modulación, ya expuesto en revistas y libros. Pero puede ser curioso recordar que su empleo nació en el campo de la radiotecnia y que fué al profundizar en su análisis por exigencias de este campo, cuando se encontraron las propiedades que habían de hacerla de aplicación tan fecunda en el campo más antiguo de la telecomunicación con conductores. Se comprobó entonces que al modular en amplitud una oscilación simple de alta frecuencia con la banda de bajas frecuencias de la corriente de señal, se obtiene otra corriente compleja, constituída por la misma onda de alta frecuencia que se moduló —onda *portadora* u onda *soporte*— y por dos bandas simétricas, semejantes a la banda de señal —bandas *laterales*— situadas, en el espectro de frecuencias, a uno y otro lado de la primera. Como estas tres componentes están separadas en la escala de frecuencias, hay medios para anular o eliminar las que se quiera, y si sólo se conserva una de las dos bandas laterales, nos encontraremos con toda la gama de frecuencias de las corrientes de señal cambiada de lugar, es decir, *corrida* en la escala de frecuencias a una zona que se puede fijar de antemano con toda precisión porque sólo depende de la frecuencia de la onda-soporte. Si, con la banda así obtenida, se vuelve a modular *la misma* onda-soporte, el proceso se repite, con el resultado curioso y fácilmente comprobable (1) de que una de las dos bandas laterades que

---

(1) El desarrollo telefónico, en efecto, es todavía precario. Todo el mundo sabe que por toda España se siente verdadera necesidad de teléfonos y las estadísticas lo pregonan con harta claridad. Mientras en nuestra patria hay 1,8 aparatos por cada 100 habitantes, en Francia hay 4,9, en Holanda 5,4, en Gran Bretaña 8,5, en Noruega 11, en Dinamarca 14, en Suiza 16 y en Suecia 19; y mientras el español medio habla por teléfono 36 veces al año, el suizo habla 130, el noruego 145, el danés 240 y el sueco 243.

(1) En la modulación en amplitud intervienen una onda portadora o tensión que se modula: $e_p = E_p \operatorname{sen} \Omega t$; y una onda de señal o tensión moduladora: $e_s = E_s \operatorname{sen} \omega t$. Y el proceso consiste en hacer variar la amplitud máxima E_p de la primera proporcionalmente a la amplitud instantánea e_s de la segunda. La tensión modulada e_m, según esto será:

$e_m = (E_p + k E_s \operatorname{sen} \omega t) \operatorname{sen} \Omega t = E_p (1 + m \operatorname{sen} \omega t) \operatorname{sen} \Omega t$.

(k es una constante de proporcionalidad, y m, el índice modulación, igual a $k \frac{E_s}{E_p}$).

Esta tensión modulada e_m, es suma de otras tres, a saber:

$E_p \operatorname{sen} \Omega t$, que es la misma e_p.

$m \cos (\Omega - \omega)t$, de amplitud proporcional a e_s y de frecuencia igual a la diferencia de las frecuencias de e_p y e_s.

$m \cos (\Omega + \omega)t$, de amplitud proporcional a e_s y de frecuencia igual a la suma de las frecuencias de e_p y e_s.

Si, como tensión moduladora se utiliza una de estas dos últimas componentes, por ejemplo, la primera de ellas, es decir, si la tensión que se modula es: $e_p = E_p \Omega \operatorname{sen} t$; y la tensión moduladora: $e'_s = m \cos (\Omega - \omega)t$, la tensión modulada, aplicando la misma regla, se ve que es:

$$e_m = \left[E_p + k m \cos (\Omega - \omega)t \right] \operatorname{sen} \Omega t = E_p (1 + m' \cos (\Omega - \omega)t \operatorname{sen} \Omega t,$$

que también es suma de tres, a saber:

$E_p \operatorname{sen} \Omega t$, que es la misma e_p.

$m' \cos \left[\Omega - (\Omega - \omega) \right] t = m' \cos \omega t$, de amplitud proporcional a e'_s y de frecuencia igual a la diferencia de las frecuencias de e_p y e'_s.

$m' \cos \left[\Omega + (\Omega + \omega) \right] t = m' \cos (2\Omega + \omega)t$, de amplitud proporcional a e'_s y de frecuencia igual a la suma de las frecuencias de e_p y e'_s.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ahora se obtienen es, exactamente, la banda de frecuencias de señal.

Para realizar cualquiera de estos procesos se requiere, pues, generar una oscilación simple de alta frecuencia, modularla con la banda de señal y filtrarla. El conjunto *oscilador-moduladorfiltro* constituye, como se ve, un transformador de frecuencias, que se puede gobernar con entera libertad, y que ha venido a resolver el problema de transmitir simultáneamente por un circuito gran número de comunicaciones, por simple corrimiento en el lado transmisor de sus respectivas bandas de frecuencias para superponerlas, una a continuación de otra, en el espectro general, y por un corrimiento inverso en el punto de recepción, para volverlas a su posición original.

Hay, naturalmente, en cuanto al número de comunicaciones simultáneas, limitaciones de orden práctico, pero estas limitaciones, a medida que se perfecciona la técnica de la construcción de aquellos elementos, se van ensanchando prodigiosamente, y hay también otras limitaciones de orden económico nacidas de que, al aumentar las frecuencias transmitidas, crecen la atenuación y la diafonía, y para corregir estos defectos es preciso montar nuevos equipos y depurar la técnica de construcción e instalación de líneas y cables, todo lo cual se traduce en desembolsos que no guardan proporción con la longitud del circuito y, por ello, para cada sistema múltiple de superposición, hay una distancia mínima por bajo de la cual aquél no es económico.

La telecomunicación de nuestros días puede decirse que descansa en estos tres tipos de fenómenos: oscilación, modulación, filtrado. Y como en los tres se han hecho grandes progresos a partir de la última conflagración mundial, no es extraño que las comunicaciones de larga distancia evolucionen rápidamente hacia formas más económicas y más eficaces.

2. *Distribución de frecuencias.*

El C. C. I. F. (1) no ha tomado todavía partido en lo que afecta a los sistemas para líneas aéreas, pero sí ha dictado normas referentes a los sistemas aplicables a los cables. Por eso la distribución de frecuencias en cables está tipificada, y no lo está en las líneas aéreas, en las cuales reina una cierta anarquía por ser, además, estos sistemas los más antiguos, y porque muchos de ellos se pusieron en servicio cuando la técnica de la modulación no había llegado al grado de perfeccionamiento en que hoy se encuentra.

He aquí las recomendaciones del C. C. I. F. respecto a la distribución de frecuencias en los cables y módulo y banda de canal (Lámina I).

A. Módulo de un canal.—La separación entre portadoras virtuales de dos canales contiguos debe ser de 4.000 ciclos.

B. Frecuencias transmitidas.—Serán como sigue:

a) *Sistemas de 12 canales.*—De 12 a 60 kc., con bandas laterales superiores de portadoras virtuales de 12, 16, 20 ... 56 kc. El grupo de 12 bandas así formado se denomina *grupo primario de base A.*

b) *Sistemas de 24 canales.*—De 12 a 108 kc., en dos grupos: el primario, de base A, entre 12 y 60 kc., que se acaba de indicar, y otro, con bandas laterales inferiores de portadoras virtuales de 64, 68, 72 ... 108 kc., denominado *grupo primario de base B* y comprendido entre 60 y 108 kc.

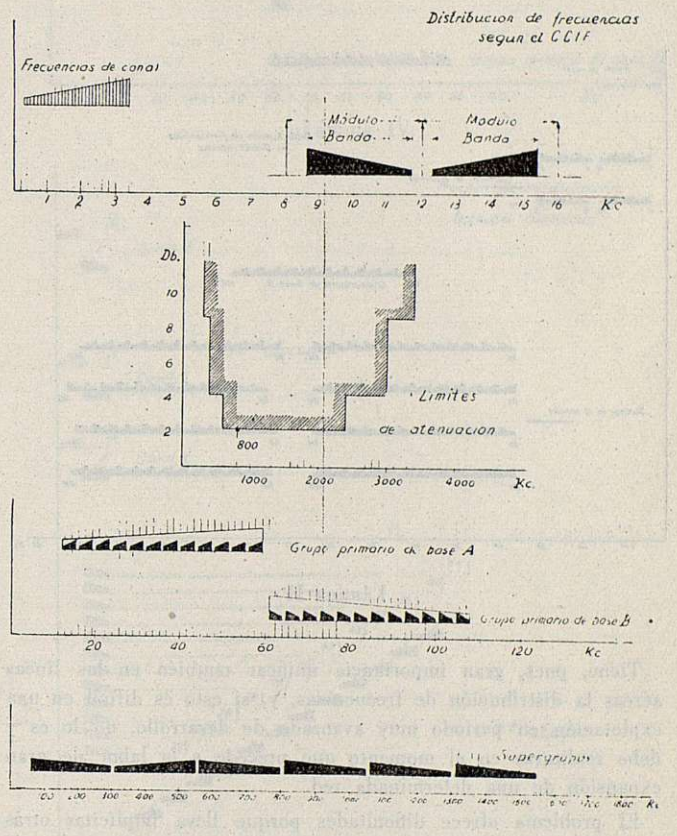


Lámina I

c) *Sistemas coaxiles.*—De 60 kc. en adelante, con grupos de segundo orden o *supergrupos*, formados con cinco grupos primarios.

C. Banda de canal.—Los circuitos internacionales de alta velocidad darán paso a una banda comprendida entre 300 y 3.400 ciclos, con módulo de 4.000. Se dice que una frecuencia cual-

---

Por eso, si una frecuencia fija Ω se modula con la banda de frecuencias $\Delta\omega$ producida por una señal, se obtiene, entre otras, una componente $\Omega + \Delta\omega$ ($u\Omega - \Delta\omega$), que es la misma banda $\Delta\omega$, trasladada a otra región del espectro. Esta banda es susceptible de todo género de manipulaciones (transmisión, amplificación, etc.). Y si luego modulamos con ella la misma frecuencia fija Ω, entre los productos resultantes de esta nueva modulación, se encuentra la banda $\Delta\omega$ que produjo la señal y que puede servir para reproducirla. En ambos casos se trata de una *modulación*; mas, como los resultados del proceso son físicamente inversos, se ha reservado aquel nombre al primero, y al segundo se le denomina *demodulación.*

(1) El C. C. I. F., o «Comité Consultivo Internacional de las Comunicaciones Telefónicas de larga distancia», fué creado hace unos veinticinco años para estudiar las normas-tipo que deben regular las cuestiones técnicas de explotación de la Telefonía internacional de larga distancia. Todas las Administraciones importantes del mundo son miembros de este Comité, que ha tomado a su cargo la preparación y recomendación de normas de operación, prácticas de conservación y líneas generales de ingeniería, y la confección de estadísticas y nomenclaturas. No cabe la menor duda de que él ha prestado y presta grandes servicios en el camino de la unificación, normalización y perfeccionamiento de las comunicaciones telefónicas internacionales y, por extensión, de todas las comunicaciones interurbanas de larga distancia.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

quiera es transmitida efectivamente cuando su atenuación no excede en más de 8,7 db. a la atenuación de la frecuencia particular de 800 ciclos.

No cabe duda de que, aceptada por todos, la distribución de frecuencias en los cables arriba expuesta, conviene a toda costa respetarla. Pero en las líneas aéreas, como queda dicho, el C. C. I. F. no se ha atrevido a dictar normas, sin duda porque comprende la dificultad de unificar criterios, dados los intereses creados al amparo de la libertad existente. Cada laboratorio o fabricante ha colocado las bandas de frecuencias atendiendo a razones particulares, y, al encontrarse varios de estos tipos de sistemas en una misma red, surgen complicaciones de todo orden, porque sus elementos componentes no se pueden intercambiar, porque si se llevan sistemas diferentes por la misma línea se interfieren y, en fin, porque las dificultades y el coste de la conservación crecen rápidamente con el número de tipos, ya que el material de repuesto tiene que ser mucho más abundante, y no hay medio humano de disponer de un personal barato que esté bien impuesto en todos ellos.

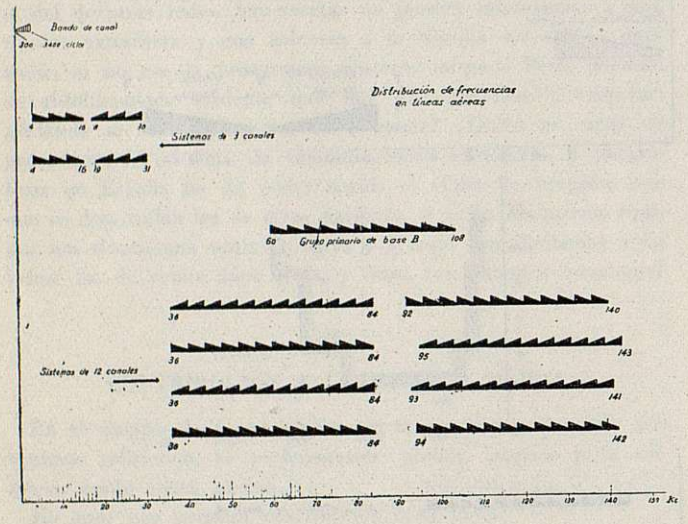


Lámina II

Tiene, pues, gran importancia unificar también en las líneas aéreas la distribución de frecuencias, y, si esto es difícil en una explotación en período muy avanzado de desarrollo, no lo es y debe realizarse en el momento que precede a la labor de gran expansión de una determinada red.

El problema ofrece dificultades porque lleva implícitas otras cuestiones. Por ejemplo: ¿Canales de banda ancha o canales de banda estrecha?, ¿sistemas de 3, de 4, de 6 o de 15 canales?, ¿canales telegráficos adyacentes o alejados en un canal telefónico?, etc.

La discusión de éstos y otros puntos alargaría desmesuradamente este trabajo. En la propuesta que sigue ha predominado el criterio de la máxima tipificación, ya que una experiencia de veinticinco años nos ha enseñado que éste es el factor que más decisivamente influye en los cuatro aspectos fundamentales, tan repetidos, de toda red de telecomunicación: calidad, estabilidad, conservación fácil y crecimiento ordenado y económico.

Se propone:

a) Universalizar el ancho de banda internacional, aplicándolo a los canales de todos los sistemas.

b) Tipificar un sistema de 3 canales, compatible con el que ya se usa de 12, y no aplicar más que estos dos tipos, aparte de otro portátil, de un canal, que se empleará exclusivamente en líneas secundarias cortas, y al cual, por su poca importancia y ninguna repercusión en la coexistencia con los anteriores, no hemos de referirnos en este trabajo.

c) Renunciar definitivamente a los canales telegráficos infra y super-audio, y tipificar un sistema de 12 canales que se aplicará indistintamente sobre cualquier canal telefónico.

d) Distribuir las frecuencias como se indica en la Lámina II.

No se obtiene así todo el rendimiento que es factible sacar de la multiplicación por superposición de las líneas aéreas; pero se consiguen las siguientes ventajas:

1.ª Canales de alta velocidad en todos los casos.

2.ª La modulación de canal y los filtros de canal serán idénticos en todos los sistemas, sean éstos para líneas aéreas, para cables de pares o para cables coaxiles.

3.ª Se podrá pasar con la máxima sencillez de línea aérea a cable y de cable a línea aérea.

3. *Módulo de los canales telegráficos.*

En telegrafía se han utilizado dos recursos para mejorar el rendimiento de las líneas: el aumento de la velocidad y la transmisión múltiple. El primero, naturalmente, no es aplicable en telefonía, como hemos visto que lo es el segundo; pero, además, en telegrafía pueden emplearse simultáneamente los dos.

La transmisión múltiple se aplica en telegrafía por los dos métodos explicados para la telefonía: el de superposición y el de yuxtaposición; este último es el más antiguo, al revés de lo acontecido en la técnica de las comunicaciones habladas.

La superposición se verifica de la misma manera que en telefonía: corriendo, en el espectro de frecuencias, las bandas de distintas transmisiones telegráficas. Pero el método se aplica con algunas diferencias: en primer lugar, no es práctico el sistema de supresión de portadora y banda lateral única; en segundo lugar, como las bandas de señales telegráficas son muy estrechas —de 80 a 240 ciclos—, pueden transmitirse muchas en un reducido margen de frecuencias; en tercero, la modulación en frecuencia, que en telefonía requiere bandas muy anchas —y por esto no se suele utilizar—, en telegrafía da resultados satisfactorios con bandas del mismo ancho que la modulación de amplitud; y como, por otra parte, la modulación en frecuencia proporciona canales menos perturbados y más estables, se prefiere a la modulación en amplitud.

Si un circuito metálico se dedica exclusivamente a transmisiones telegráficas, sin hacer uso más que de frecuencias audibles, puede dar paso a 24 canales de alta velocidad; pero aun esto se considera poco económico. Más remunerador será dedicar aquél a canales telefónicos y luego convertir uno o varios de éstos en canales telegráficos: cada canal telefónico admite entonces 12 canales telegráficos de alta velocidad y 24 de velocidad normal. Y éste es el método que se preconiza para España.

Para facilitar la eliminación de las componentes cuadráticas

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

que pueden producirse por falta de linealidad en las características de los tubos, el C. C. I. T. (1) ha prescrito que todas las frecuencias portadoras de los sistemas telegráficos de frecuencias de voz, sean múltiplos impares de la fundamental de 60 ciclos, y ha señalado como frecuencia inferior la de 420 ciclos. Por consiguiente, en un canal de 4.000 ciclos de módulo, como los propuestos en este trabajo para las comunicaciones telefónicas múltiples, se podrán alojar 24 portadoras telegráficas de 420, 450, 660 ... 3.180 ciclos, con sus correspondientes bandas laterales de modulación, lo cual da otros tantos canales telegráficos de 120 ciclos de módulo y 80 de banda, que permiten una velocidad bastante mayor de la de 60 baudios tipificada para los teleescritores.

Tal profusión de canales es, sin duda, excesiva para las necesidades de la mayor parte de las rutas telegráficas de España; y, además, los canales obtenidos son de anchura insuficiente para algunos de los aparatos rápidos que están en servicio. Duplicando el módulo, se reduce el número de canales a la mitad, pero se

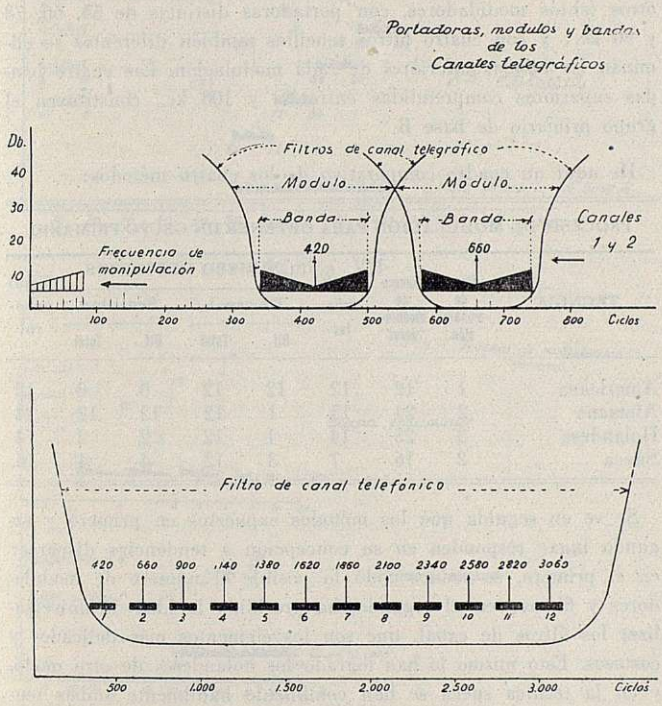


Lámina III

facilita y abarata la construcción de los filtros, se obtienen canales aptos para transmitir hasta 150 palabras por minuto, se tipifican los filtros y el ancho de banda y, en definitiva, se sacan 12 canales telegráficos de cada canal telefónico, número suficiente para la mayor parte de las rutas telegráficas españolas. Se propone, pues, la adopción de un módulo universal de 240 ciclos con las siguientes frecuencias portadoras: 420, 660, 900, 1.140, 1.380, 1.620, 1.860, 2.100, 2.340, 2.580, 2.820 y 3.060, y la tipificación de sistemas de 12 canales con este módulo y 160 ciclos de banda (Lámina III).

(1) «Comité Consultivo Internacional de las Comunicaciones Telegráficas de larga distancia», filial del C. C. I. F.

4. *Proceso de modulación.*

Con la modulación en etapas, hoy generalizada (1), caben infinitas combinaciones para situar los canales en los márgenes de frecuencias que se les han asignado.

Según hemos visto, las normas del C. C. I. F. sobre distribución de frecuencia están fundadas en una reunión de canales en gru-

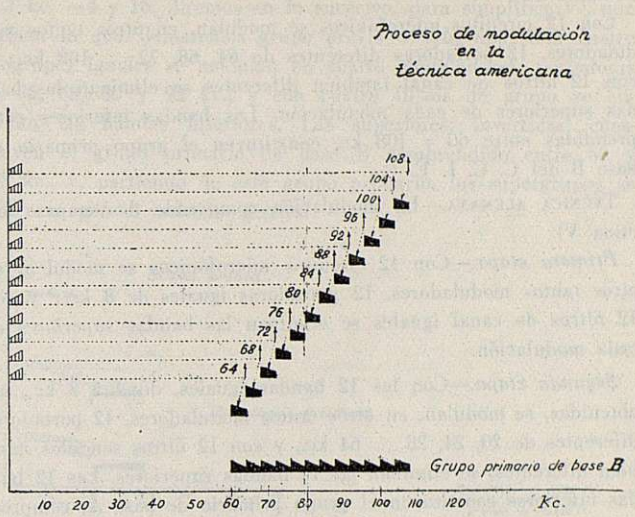


Lámina IV

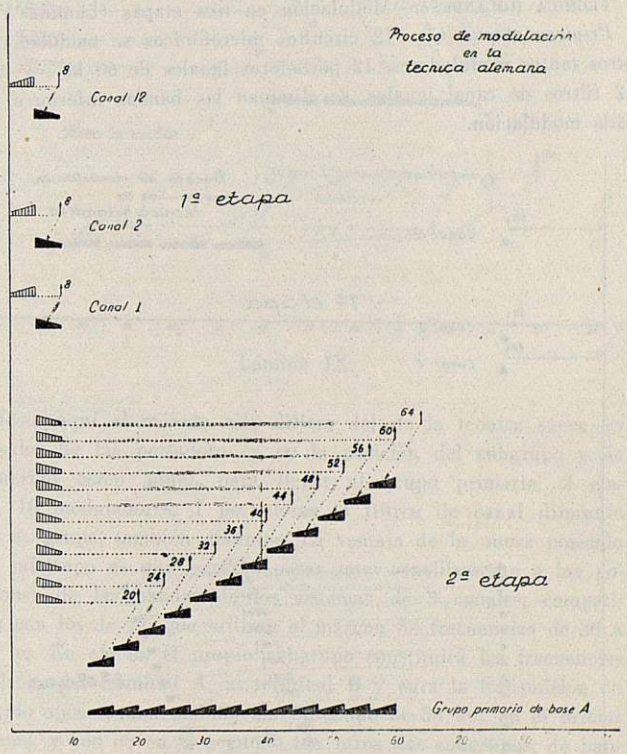


Lámina V

pos de 12, número muy adecuado, tanto desde el punto de vista del reparto del tráfico en las grandes rutas, como por lo que afec-

(1) La modulación en etapas ofrece muchas ventajas que no se cree necesario referir aquí. Véase, por ejemplo, el número 6 de la *Revista de Telecomunicación*, diciembre 1946 (págs. 3 a 16).

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ta a la construcción económica de los filtros, que es un factor decisivo en el coste de los equipos. El grupo de 12 canales puede, pues, considerarse típico. Vamos a examinar los métodos de modulación que para obtenerlo emplean cuatro técnicas extranjeras que podemos considerar representativas: .

TÉCNICA AMERICANA.—Modulación en una sola etapa múltiple (Lámina IV).

Con 12 circuitos microfónicos se modulan, en otros tantos moduladores, 12 portadoras diferentes de 64, 68, 72 ... 108 kc.; y con 12 filtros de canal también diferentes se eliminan las bandas superiores de cada modulación. Las bandas inferiores comprendidas entre 60 y 108 kc. constituyen el grupo primario de base B del C. C. I. F.

TÉCNICA ALEMANA.—La modulación comprende dos etapas (Lámina V).

Primera etapa.—Con 12 circuitos microfónicos se modulan, en otros tantos moduladores, 12 portadoras iguales de 8 kc.; y con 12 filtros de canal iguales se eliminan las bandas superiores de cada modulación.

Segunda etapa.—Con las 12 bandas iguales, de 4 a 8 kc., así obtenidas, se modulan, en otros tantos moduladores, 12 portadoras diferentes de 20, 24, 28 ... 64 kc., y con 12 filtros sencillos, también diferentes, se eliminan las 12 bandas superiores. Las 12 bandas inferiores constituyen el grupo primario de base A, comprendido entre 12 y 60 kc.

TÉCNICA HOLANDESA.—Modulación en tres etapas (Lámina VI).

Primera etapa.—Con 12 circuitos microfónicos se modulan, en otros tantos moduladores, 12 portadoras iguales de 60 kc.; y con 12 filtros de canal iguales, se eliminan las bandas inferiores de cada modulación.

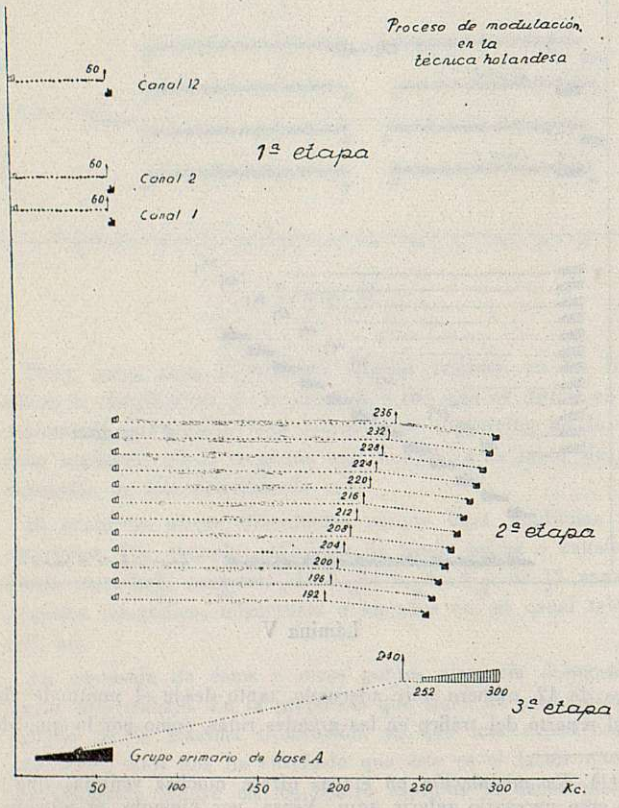


Lámina VI

Segunda etapa.—Con las 12 bandas iguales de 60 a 64 kc., así obtenidas, se modulan, en otros tantos moduladores, 12 portadoras diferentes, de 192, 196, 200 ... 236 kc.; y con un filtro sencillo se eliminan las 12 bandas inferiores.

Tercera etapa.—El grupo entre 252 y 300 kc. así constituído por las 12 bandas superiores, se lleva a un modulador con portadora de 240 kc.; y con un filtro sencillo se elimina la banda superior. La banda inferior constituye el grupo primario de base A, comprendido entre 12 y 60 kc.

TÉCNICA SUECA.—Comprende dos tapas (Lámina VII).

Primera etapa.—Con tres circuitos microfónicos se modulan, en otros tantos moduladores, tres portadoras diferentes de 10, 14 y 18 kc.; y con tres filtros de canal también diferentes se eliminan las bandas superiores de cada modulación. Las tres bandas inferiores se reúnen en un solo circuito; y todas estas operaciones se repiten otras tres veces, hasta agotar los 12 circuitos de conversación.

Segunda etapa.—Los cuatro grupos así formados, se llevan a otros tantos moduladores, con portadoras distintas de 54, 66, 78 y 90 kc.; y con cuatro filtros sencillos también diferentes se eliminan las bandas inferiores de cada modulación. Las cuatro bandas superiores comprendidas entre 60 y 108 kc., constituyen el grupo primario de base B.

He aquí un cuadro comparativo de los cuatro métodos:

PROCESO DE MODULACIÓN PARA OBTENER UN GRUPO PRIMARIO

TECNICA	Etapas de modulación	Número de moduladores	Portads. distintas	NÚMERO DE FILTROS				Total general
				De canal		Sencillos		
				Dif.	Total	Dif.	Total	
Americana	1	12	12	12	12	0	0	12
Alemana	2	24	13	1	12	12	12	24
Holandesa	3	25	14	1	12	2	2	14
Sueca	2	16	7	3	12	4	4	16

Se ve en seguida que los métodos expuestos en primero y segundo lugar responden en su concepción a tendencias dispares: en el primero, se reduce todo lo posible el número de moduladores y filtros; en el segundo, ha presidido la idea de universalizar los filtros de canal, que son los elementos más delicados y costosos. Esto mismo lo han logrado los holandeses de otro modo, y en la técnica sueca se han combinado hábilmente ambas tendencias: los filtros de canal diferentes son 3, lo cual también permite un abundante «stock» y una fácil sustitución de estos elementos; y, en cambio, el número de portadores se reduce a 7.

A nuestro juicio, tiene grandes ventajas la orientación que marca el proceso de modulación indicado en último lugar, esto es, el de llegar al grupo fundamental de 12 canales mediante la formación previa de grupos más pequeños o *subgrupos*. De este modo las ventajas de la modulación en etapas se pueden extender a los sistemas de 3 canales. En el proceso general de modulación que a continuación se propone, se sigue esta orientación, pero se modifica con el fin de llegar a un método que sea absolutamente general y pueda aplicarse con la máxima sencillez y el mínimo de equipo a líneas aéreas (lo mismo a sistemas de 3 canales, compatibles con los de 12 que actualmente se explotan en España, que a estos últimos de 12), a cables equilibrados (sistemas de 12 y 24 canales) y a cables coaxiles (sistemas de 240, 480 y 960 canales).

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

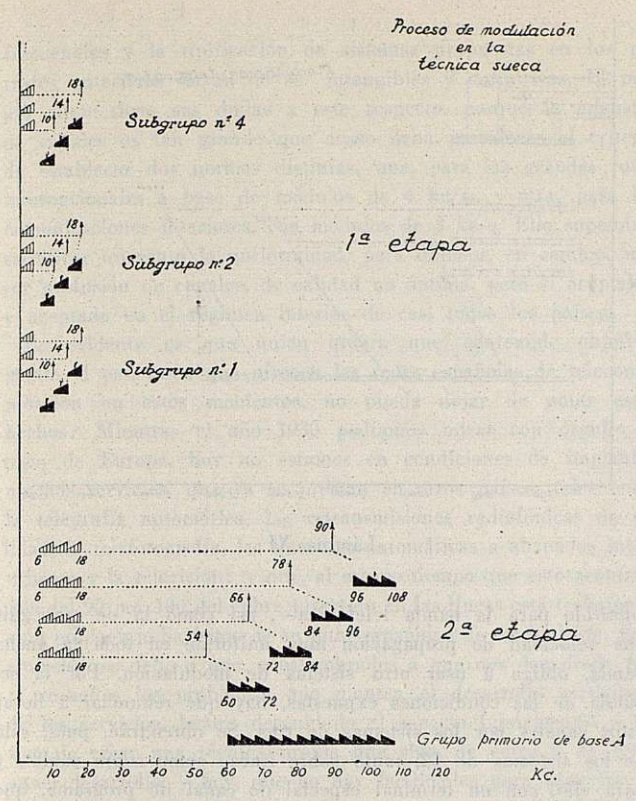


Lámina VII

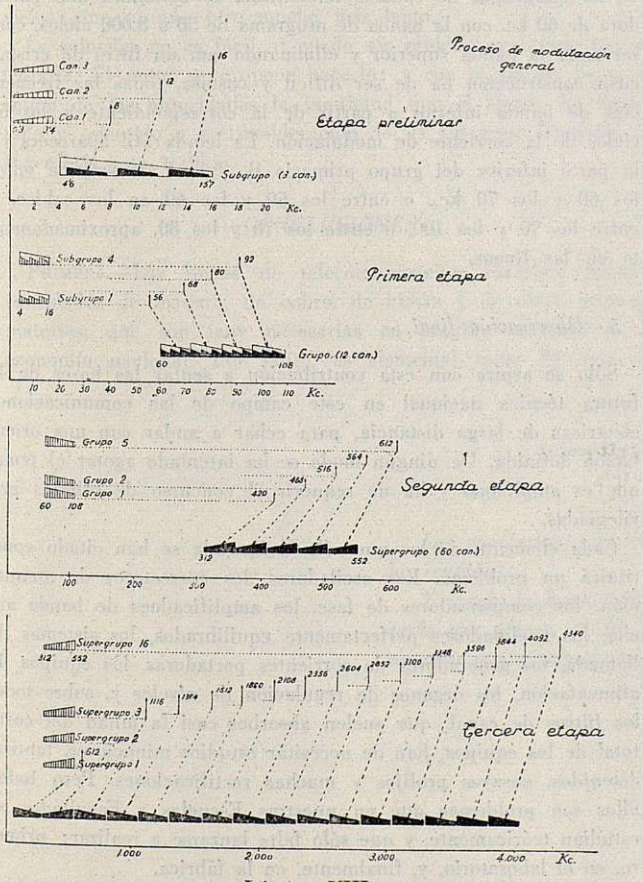


Lámina VIII

He aquí una sucinta explicación del proceso, que se representa en la Lámina VIII.

Las corrientes de tres circuitos microfónicos se llevan a tres moduladores con portadoras de 8, 12 y 16 kc., y con tres filtros de canal diferentes se eliminan las bandas superiores. Se obtienen así tres bandas invertidas comprendidas entre 4,6 y 15,7 kc. —4 y 16, diremos en lo sucesivo, para simplificar—, que forman lo que llamaremos grupo previo o *subgrupo*. Con cuatro subgrupos iguales se modulan en cuatro moduladores, portadoras de 56, 68, 80 y 92 kc., y con cuatro filtros de grupo se eliminan las bandas inferiores. Las superiores, invertidas, constituyen el grupo primario de base B comprendido entre 60 y 108 kc., y, partiendo de este grupo primario, los supergrupos se obtienen por el método general.

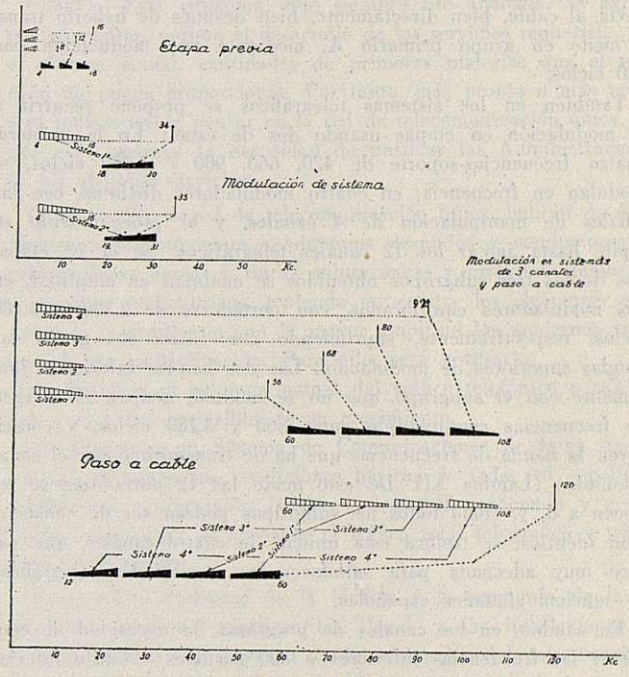


Lámina IX

Hasta aquí el método sólo difiere del de la técnica sueca en el valor de las portadoras y en la posición del subgrupo y ha requerido como aquel, para llegar al grupo primario, 2 etapas, 16 moduladores, 7 portadoras, 3 filtros de canal diferente y 4 de grupo, también distintos. La ventaja de la nueva posición del subgrupo es que permite pasar muy sencillamente a las posiciones de las bandas de los sistemas de 3 canales, compatibles con los de 12, que utilizan el margen de frecuencias de 36 a 143 kc. En efecto, el propio subgrupo constituirá las frecuencias de línea del terminal A, al terminal B y para la transmisión en sentido opuesto una modulación de grupo de 34 kc., en el primer sistema, y con 35 en el segundo, da otros dos subgrupos, de bandas directas, pero desplazadas, comprendidas entre 18 y 30 kc., en el primer sistema, y entre 19 y 31 en el segundo, para que ambos puedan transmitirse por los circuitos de línea del mismo grupo fantasma (Lámina IX). Cuando una línea aérea así explotada entronque con un cable, cuatro de estos sistemas de 3 canales podrán llevarse a 2 pares explotados en sistema de 12 canales de bandas dobles, con sólo anular la modulación de grupo de los terminales B y hacer, lo mismo en éstos que en los A,

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

otra modulación de grupo por sistema para colocar los subgrupos dentro del grupo de 60 a 108 kc., en ambos terminales. Este grupo se modulará nuevamente en uno de los dos terminales, ya con el equipo de modulación del sistema del cable, según se muestra en la parte inferior de la misma lámina. Naturalmente, no es indispensable pasar a un tiempo cuatro sistemas, y se pueden ir pasando uno a uno, con la sola desventaja de que mientras no se pasen los cuatro, los amplificadores del cable trabajarán con menos rendimiento.

Si se trata de sistemas aéreos de 12 canales, la modulación seguirá las tres etapas indicadas en la Lámina X, con sólo 10 portadoras diferentes. El paso a cable se puede realizar sencillísimamente, como se muestra en la parte inferior de la misma lámina. Se suprime la etapa 3.ª y el grupo B obtenido en la 2.ª, se envía al cable, bien directamente, bien después de haberlo transformado en grupo primario A, mediante una modulación con 120 ciclos.

También en los sistemas telegráficos se propone recurrir a la modulación en etapas usando dos de éstas: En la primera, cuatro frecuencias-soporte de 420, 660, 900 y 1.400 ciclos, se modulan en frecuencia, en cuatro moduladores distintos, con las señales de manipulación de 4 canales, y el procedimiento se repite hasta agotar los 12 canales telegráficos. En la 2.ª etapa, dos de los tres subgrupos obtenidos se modulan en amplitud, en dos moduladores equilibrados, con portadoras de 2.520 y 3.480 ciclos, respectivamente, suprimiendo con filtros de grupo las bandas superiores de modulación. Las dos bandas inferiores, juntamente con el subgrupo que no se moduló, ocupan el margen de frecuencias comprendido entre 300 y 3.180 ciclos, y constituyen la banda de frecuencias que ha de transmitirse por el canal telefónico (Lámina XI). De este modo las 12 portadoras se reducen a 6, y, como todos los subgrupos podrán ser de construcción idéntica, se tipifica esta unidad de cuatro canales, que parece muy adecuada para satisfacer las necesidades telegráficas de muchas ciudades españolas.

En cambio, en los canales de programa, la necesidad de conservar las frecuencias inferiores a 300 períodos —límite inferior

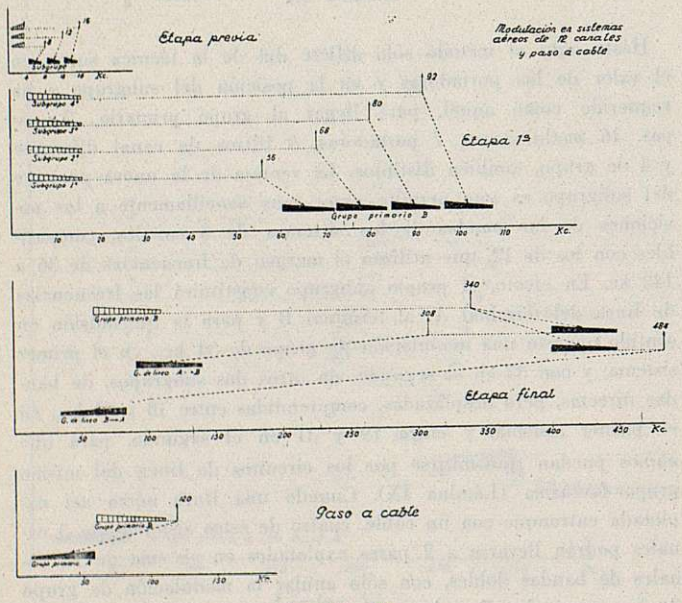


Lámina X

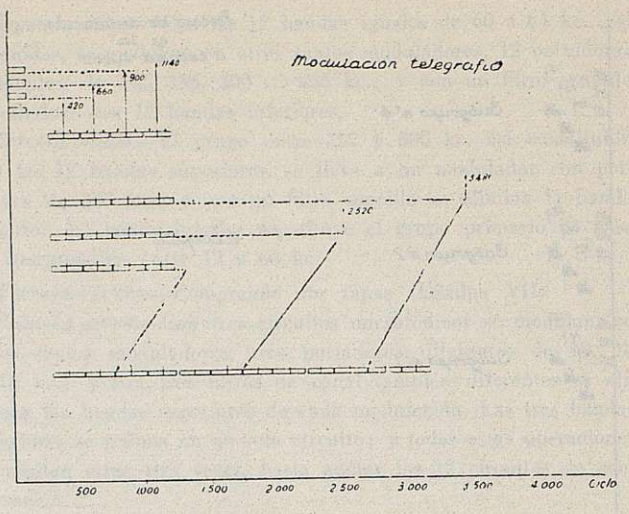


Lámina XI

admitido para la banda telefónica—, así como la de conseguir una velocidad de propagación muy uniforme en toda la ancha banda, obliga a usar otro sistema de modulación. Por la segunda de las condiciones expuestas, hay que renunciar a llevar estos canales por los sistemas de tres. Se obtendrán, pues, sólo de los sistemas de 12, tanto sobre líneas como sobre cables, y para ello, con un terminal especial de canal de programa, que reemplazará en los equipos terminales del sistema al primero de los subgrupos de canales telefónicos, se modulará una portadora de 60 kc. con la banda de programa de 50 a 8.000 ciclos, conservando la banda superior y eliminando con un filtro de cristal, cuya construcción ha de ser difícil y costosa, todas las frecuencias de banda inferior a partir de la correspondiente a los 50 ciclos de la corriente de modulación. La banda útil aparecerá en la parte inferior del grupo primario B, y será transmitida entre los 60 y los 70 kc., o entre los 50 y los 60 en los cables, y entre los 90 y los 100, ó entre los 70 y los 80, aproximadamente en las líneas.

5.—*Observación final.*

Sólo se aspira con esta contribución a sentar las bases de la futura técnica nacional en este campo de las comunicaciones eléctricas de larga distancia, para echar a andar con una orientación definida. De ningún modo se ha intentado agotar el tema, que es amplísimo y ha de requerir el concurso de cabezas privilegiadas.

Cada elemento de los que sólo de pasada se han citado constituirá un problema. Los osciladores, los correctores de atenuación, los compensadores de fase, los amplificadoes de banda ancha, los moduladores perfectamente equilibrados, los sistemas de llamada, los generadores de corrientes portadoras, los equipos de alimentación, los órganos de regulación de niveles y, sobre todo, los filtros de canal, que suelen absorber casi la mitad del coste total de los equipos, han de necesitar estudios minuciosos, tanteos detenidos, ensayos prolijos y muchas rectificaciones. Pero todos ellos son problemas que en nuestras Escuelas y Facultades se estudian teóricamente, y que sólo falta lanzarse a realizar: primero, en el laboratorio, y, finalmente, en la fábrica.

De igual manera, tampoco se aspira a que la distribución de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

frecuencias y la tipificación de sistemas propuestas en los párrafos anteriores hayan de ser intangibles y definitivas. El propio autor tiene sus dudas a este respecto, porque la angustia de canales es tan grande que acaso deba prevalecer el criterio de establecer dos normas distintas, una, para las grandes rutas internacionales a base de módulos de 4 kc/s., y otra, para las comunicaciones interiores, con módulos de 3 kc/s. Ello supondría sacrificar un tanto la uniformidad, para obtener, en cambio, mayor profusión de canales, de calidad no óptima, pero sí aceptable y aceptada en el régimen interior de casi todos los países.

Lo evidente es que quien quiera que contemple objetivamente el panorama que ofrecen las redes españolas de telecomunicación en estos momentos, no pueda dejar de notar estos hechos: Mientras el año 1930 podíamos mirar con orgullo al resto de Europa, hoy no estamos en condiciones de implantar muchos servicios, que ya se prestan en otros países, tales como la telegrafía automática, las retransmisiones radiofónicas de calidad, la telefotografía, las llamadas automáticas a abonados interurbanos y la televisión: y que, al mismo tiempo que esto acontece, más del 90 por 100 del cobre invertido en las líneas está trabajando a un porcentaje bajísimo de su total capacidad de transmisión. Esta situación se debe a que, acostumbrados a que nos den desde fuera resueltos los problemas que plantea el desarrollo vertiginoso de los servicios, hemos descuidado el aspecto fundamental y básico de crear una técnica propia que siga, de cerca o de lejos, aquel desarrollo, y hoy, que no hay facilidades para importar, ni oro con que pagar las importaciones, nos vemos en la imposibilidad de seguir, no ya el ritmo acelerado que llevan los servicios, sino ni aún otro mucho más lento.

La solución no es fácil ni puede ser rápida; pero hay que intentarla. El autor se propone hacerlo; y con el fin de llevar al ánimo de las autoridades la inquietud que él siente, ha redactado y sometido a la consideración del II Congreso Nacional de Ingeniería este trabajo.

CONCLUSIONES

PRIMERA.—Las líneas de telecomunicación absorben grandes cantidades de madera, de cobre, de hierro y de otras primeras materias, que son muy necesarias en amplios sectores de la economía nacional. Por tanto, es elemental sacar de estas líneas el máximo rendimiento, o, por lo menos, un rendimiento razonable.

SEGUNDA.—Una red moderna de telecomunicación permite dar paso simultáneo a gran número de comunicaciones telegráficas y telefónicas. Por tanto, no tiene razón de ser que se construyan, por separado, una red para las comunicaciones telefónicas y otra red para las comunicaciones telegráficas.

TERCERA.—Cualquier línea de conductores de cobre, bien construída, puede dar paso a muchas comunicaciones telefónicas simultáneas. Por tanto, es un contrasentido que, existiendo líneas que trabajan a un bajo porcentaje de su capacidad, se construyan otras para los mismos usos, aunque sea por entidades diferentes.

CUARTA.—Esta situación, que siempre fué anómala, se agrava por momentos, porque el desarrollo de los servicios requeriría, con el sistema actual, cantidades de primeras materias que el mercado no puede proporcionar. Por tanto, más pronto o más tarde, será indispensable pensar en la red de telecomunicación única, sin que esto suponga la necesidad de unificar las Administraciones de los distintos servicios.

QUINTA.—En la red de telecomunicación única, habrán de coordinarse inteligentemente conductores desnudos y conductores en cables, líneas aéreas y líneas subterráneas y circuitos alámbricos y circuitos inalámbricos, teniendo en cuenta los elementos existentes y desarrollando con la mayor amplitud los modernos métodos de las multiplicación. Para ello, será necesario:

a) Estudiar el volumen actual del tráfico telefónico y telegráfico y el ritmo previsible de su crecimiento.

b) Proyectar un Sistema de Comunicaciones de larga distancia que, llenando las condiciones básicas de toda red —calidad, estabilidad, conservación barata y desarrollo ordenado y económico—, sea capaz de absorber el tráfico total telegráfico y telefónico de la nación.

SEXTA.—Los adelantos de la técnica y la economía de la explotación aconsejan tipificar las líneas y las instalaciones; y esta tipificación y la libertad de determinación del país, imponen, a su vez, la necesidad de crear rápidamente una técnica propia capaz de promover en breve plazo la fabricación nacional de equipos y aparatos.

Madrid, octubre 1949.

Las conclusiones de este trabajo, que fué escuchado con gran interés, fueron aprobadas por los reunidos.

Y luego de breves palabras de los Sres. Miró y Arnaldo sobre el mismo, expresando el interés que ofrece, el Sr. Secretario da lectura a los extractos del siguiente trabajo que a continuación reproducimos íntegro, núm. 48:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 48. - La perforación en roca

Autor: D. FERNANDO CABALLERO DE RODA
Ingeniero de Minas

LOS TRABAJOS EN ROCA

Desde hace un cuarto de siglo, la técnica de los trabajos de perforación en roca ha progresado a pasos gigantescos.

Una breve historia de las etapas recorridas presenta gran interés, porque permite comprender mejor el avance de esta técnica y del camino que aún queda por recorrer para llegar a su perfección.

En 1925, la producción de las galerías estaba todavía en la época artesana.

La perforación se realiza con martillos de 15 a 18 Kgs., sin inyección de agua y sostenidos a brazo.

En la perforación de los barrenos de corona el minero, para no tener necesidad de sostener el martillo a pulso, lo apoya en un madero. Ésta es la primitiva idea del soporte neumático.

En la perforación de las zapateras, el minero se sienta en un tablón, colocado en el suelo y empuja el martillo con los pies. Ésta es la primera idea del avanzador automático.

Las barrenas empleadas son de acero ordinario, y la boca es forjada sobre la misma barrena.

La preparación de las espigas es muchas veces defectuosa, debido a que no se le da la longitud exacta hasta el collar, y otras veces a que la cabeza no queda, según un plano perpendicular, al eje longitudinal de la barrena. La longitud desde la cabeza al collar en casi todos los tipos de martillos perforadores de 15 a 18 Kgs. es de 82 m/m. A consecuencia de estos defectos se advierte mal rendimiento del martillo, que en muchos casos provoca la rotura del émbolo. El temple es efectuado por un herrero caprichosamente, así como el revenido, es decir, sin normas fijas.

El forjado de la boca y su calibrado se hacen a menudo de manera imperfecta, así como su temple; esto da lugar a que una boca en terreno duro se desgaste en ocasiones a los dos centímetros de taladro.

Los barrenos son perforados y disparados en pequeñas series. No hay, pues, un esquema de tiro sistemático, y el minero se esfuerza en aprovechar los accidentes del terreno, planos de crucero, fallas, variación de dureza, etc.

Después de cada pega, la carga del escombro se realiza a mano, lo mismo que el movimiento de los vagones.

En estas condiciones, la cuestión del movimiento del material no tiene más que una importancia secundaria; el tipo de carril empleado es rara vez superior a 12 Kgs. metro; la colocación y la conservación de la vía son a veces despreciados, y los descarrilamientos frecuentes.

Como las barrenas empleadas son de acero helicoidal macizo y hexagonal hueco con soplo de aire, la producción de polvo es grande, y las condiciones de trabajo son penosas e insalubres (silicosis).

La ventilación del frente de trabajo deja mucho que desear, en particular en aquellas labores en las que el fondo de saco es profundo, por lo que la pérdida de tiempo ocasionada con la salida de los humos es grande. De ahí que un ciclo completo sea de larga duración.

En estas condiciones, el reclutamiento de los mineros es cada día más difícil.

Sin embargo, a pesar de todas estas desventajas técnicas, en algunos casos especiales se han conseguido avances realmente interesantes.

Así, por ejemplo, la sociedad de contratistas Borie y Vandervelle, en el túnel de Santa María de las Minas (Vosgos), perforaron la galería de avance al ritmo diario de 8 metros, realizando por relevo tres pegas cortas del orden de 90 cm.

Resultado que honra a los equipos de jefes y obreros, si se tiene en cuenta la modestia de los medios puestos en servicio.

En 1927, introducción del super-martillo de columnas de inyección de agua.

En Francia, son las minas de oro del Chatelet, en la Creuse, las primeras que adoptan los super-martillos de inyección de agua para la perforación de sus galerías de investigación.

Las consecuencias de su empleo fueron muchas e importantes.

El super-martillo estaba soportado por un brazo radial de 1 a 1,10 metros de longitud, unido a la columna por medio de abrazaderas.

En estas condiciones:

1.º El minero se encuentra liberado del factor cansancio, ya que no tiene que sostener el martillo.

2.º El problema de la inyección de agua recibe una solución práctica. En efecto, el minero cuando sostiene un martillo de inyección de agua no puede evitar el mojarse.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Entre dos males: respirar el polvo o mojarse, prefiere siempre el primero, menos inmediatamente nocivo y sensible.

Estos martillos, cuyo peso es superior a los 25 Kgs., y a veces llega a los 50 Kgs., imprimen a la barrena una potencia y velocidad de perforación considerables, por lo que la duración de la boca forjada se encuentra multiplicada por un coeficiente que llega hasta 20, pues el desgaste de una boca es proporcional, no a la longitud perforada, sino a la duración de la perforación.

Con el super-martillo, los terrenos duros desaparecen prácticamente.

La perforación de todos los barrenos de una pega se efectúa de una sola vez; se impone un esquema previo de la distribución de los tiros.

Como al minero no le cuesta, ni más trabajo, ni mucho más tiempo el alargar los barrenos, la tendencia es ir dando las pegas cada vez más profundas.

Progresivamente se nota un aumento de 1,20, 1,50, 1,80, 2, 2,50 metros, y aun hoy día hasta 3 metros.

Por muy potentes y rápidos que sean los medios de perforación, no constituyen más que una parte del ciclo completo en un avance en una galería en roca.

A continuación se daba fuego con mecha a los barrenos tan fácilmente perforados.

Se imponía una nueva técnica de dar fuego, y condujo necesariamente al empleo de los cebos eléctricos de retardo.

1928. Primeros ensayos en Europa de los cebos eléctricos de retardo.

1.º Para obtener un efecto rompedor y de máximo arranque, los barrenos del cuele deben ser disparados simultáneamente (cebos eléctricos o cordón detonador).

2.º A los barrenos restantes (zapateras, rastreras, coronas), debe dárseles fuego con un defasaje en el tiempo tal, que cada número $n + 1$ sea disparado precedido del número n.

Anteriormente, las mechas de mina cortas en longitudes diferentes y de velocidades de combustión uniforme aseguraban el defasaje en el tiempo.

Por estos motivos, es por lo que, en 1928, el Servicio de Minas francés había autorizado, para ciertas minas del Oeste, el empleo de encendedor de mecha especial, para la puesta en fuego simultánea de una quincena de mechas unidas en haces (fig. 1).

No se trataba más que de una medida provisional. La verdadera solución consiste en el empleo de cebos eléctricos de retardo, que estaban utilizando hace mucho tiempo en los Estados Unidos.

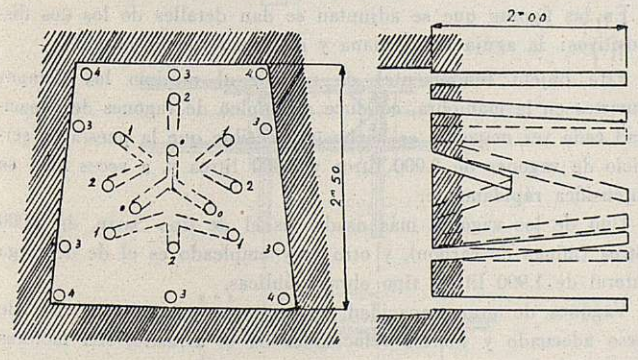


Fig. 1

Esquema de pega con cebo de retardo en un transversal de una mina de carbón.

En 1928, la sociedad francesa Davey-Bickford efectuaba los primeros ensayos y llegaba a poner en marcha una fabricación con carácter industrial.

En resumen, aproximadamente en el 1930, en una galería de 8 a 9 m^2, se obtuvieron los siguientes resultados:

1.º Con dos super-martillos (en terreno duro) o 2 ó 3 martillos de mano (en terreno flojo) se estaba en condiciones de barrenar de 20 a 22 tiros en una pega de 1,50 metros de profundidad *en dos horas* próximamente, teniendo el aire comprimido una presión no inferior a 5 Kgs.

2.º La pega con cebos eléctricos de retardo, encendidos con un explosor portátil, era realizada y arrancaba de 12 a 14 m^3 de escombro, o sea de 30 a 35 Tm.

En las tres fases del trabajo en galería, perforación, pega y cargue de escombros, las dos primeras habían recibido solución satisfactoria.

La cuestión de la carga de escombro sigue sin resolver.

Diferentes tipos de palas mecánicas, probadas durante los años 1930 a 1935, no tuvieron buen éxito. Su rendimiento era menor que el de la carga a mano.

Posteriormente, las palas modernas vienen a resolver el problema.

En 1936. Introducción de la primera pala moderna.

El principio del funcionamiento de la pala moderna es hoy día universalmente conocido.

Esta máquina, de gran sencillez, es una verdadera pala, que reproduce fielmente los movimientos del obrero con la pala de mano.

El motor de locomoción empuja el cangilón contra el montón de escombro que se desea cargar. Al mismo tiempo, el operador, accionando la palanca de elevación del cangilón imprime un movimiento alternativo vertical, de rápida sacudida y poca amplitud para facilitar la penetración en el montón.

Estas dos acciones combinadas:

Empuje hacia el montón;

Movimiento alternativo vertical,

aseguran el llenado del cangilón en algunos segundos, aun con escombros groseramente divididos, cuya carga a mano es difícil.

Cuando el cangilón está lleno, el operador acciona a fondo la palanca de elevación y provoca el vertido de su contenido en el vagón situado en el eje de la cargadora.

Se encuentran en todas estas operaciones todos los movimientos del obrero que carga a mano.

La realización mecánica de estos diferentes movimientos ha sido objeto de patentes mundiales, y todas tienen características parecidas.

Sus principales características son las siguientes:

Peso	1.800 Kgs.
Consumo de aire	3.000 litros.
Capacidad del cangilón	165 litros.

Conviene tener en cuenta estas características de peso y consumo de aire relativamente bajos y, sobre todo, comparándolas con otros tipos de cargadoras, en servicio en aquella fecha, que pesaban de 10 a 12 Tm., accionadas por motores eléctricos de 60 HP.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

El consumo de aire, en particular, es el mismo que el de un martillo perforador de 25 a 28 Kgs.

Puesta en trabajo esta pala en el frente, era capaz de dar rendimiento por relevo del orden de 80 Tm. Resultado tal consagraba el valor y el buen éxito de la máquina, pero condujo a la conclusión de la necesidad de adoptar un modelo superior (época del tipo medio) que, manteniendo características muy similares, asegurara un rendimiento del 50 % mayor, próximamente.

Los resultados obtenidos con estas palas de tipo medio, puestas en servicio en las minas de hierro del Este de Francia, han confirmado las previsiones del párrafo precedente.

Atendida por dos hombres, una unidad semejante carga regularmente de 110 a 120 Tm. por relevo, o sea, un rendimiento hombre-relevo de 55 a 60 Tm.

En 1938. Realización del primer ciclo-relevo en las minas de carbón.

Mientras que en las minas de Soeuf prosiguen los ensayos de la carga del mineral con la cargadora de tipo medio, la cargadora pequeña era transferida a las Hulleras de Ronchamp, donde un transversal destinado a cortar una capa de carbón debía avanzar a la velocidad máxima.

Bajo la dirección del señor don Juan Dumay, actualmente director general de los Servicios Técnicos de las Minas de Carbón de Francia, los ensayos contratados tuvieron excelente éxito.

Es realmente interesante resumir brevemente las condiciones de trabajo y los resultados obtenidos.

Galería de 9 m² en caliza ordinaria semidura.

Frente ligeramente entibado.

La pega era de 26 barrenos de 2 metros de profundidad.

Para la perforación: 3 martillos perforadores de 20 Kgs. de peso sostenidos a brazo.

Para la pega, detonadores de retardo; retardos 0, 1, 3 y 4.

Para la carga del escombro, pala pequeña y vagones de 500 litros.

La pega de 1,80 metros da una cantidad de escombro de 54 vagones, próximamente.

En estas condiciones los resultados obtenidos han sido los siguientes:

Arranque medio por pega	1,80 metros.
Carga del escombro	2 ¼ a 2 ½ horas.
Perforación	1 ¼ a 1 ½ »
Carga de barrenos, pega y perforación	1 ¼ a 1 ½ »
TOTAL DEL CICLO	4 ¾ a 5 ½ horas.

En menos de seis horas, un ciclo completo de avance medio de 1,80 metros era realizado de un modo industrial.

Resultados obtenidos en el año 1949.

Desde 1938 nuevos rendimientos han sido obtenidos en las Hulleras de Ronchamp, debido a los progresos que han revolucionado la técnica de los trabajos en roca, y éstos han sido los siguientes:

Las bocas de carburo de tungsteno.

Los «Jumbos».

La pala cargadora, último modelo.

BOCAS DE CARBURO DE TUNGSTENO.

Cualquiera que sea la dureza de los terrenos, estos medios permiten barrenar taladros de tres metros, como mínimo, a velocidad de perforación y diámetro constantes.

Las economías de tiempo y las simplificaciones de trabajo son enormes a consecuencia del empleo de dichos medios.

Por ser las bocas dotadas de placas de carburo de tungsteno, innovación que revoluciona la perforación, dedicaremos un capítulo a su fabricación.

«JUMBOS».

Estas máquinas, derivadas de sus antecesores, el martillo de columna o sobre soporte neumático, constituyen verdaderas centrales de perforación.

Algunos «jumbos» llevan hasta 28 martillos.

Por este sistema se asegura la puesta en servicio de medios de perforación, cuya potencia y comodidad no parecen hoy día susceptibles de ser mejorados.

DIFERENTES TIPOS DE PALAS.

Hoy día, en líneas generales, funcionan tres modelos diferentes:

Pala pequeña, carga	60 Tm/hora.
Pala mediana, carga	90 »
Pala grande, carga	240 »

El problema de la carga del escombro reduce, pues, al mínimo los tiempos muertos, con el fin de asegurar a la cargadora el máximo coeficiente de utilización.

Para ello es preciso reducir al mínimo la substitución de un vagón cargado por uno vacío.

El problema es de organización para sacar el escombro y de organizar el transporte entre el frente y el cambio más próximo.

En general las galerías son de vía central única, de ahí la necesidad de un dispositivo que permita asegurar la carga en el menor tiempo posible, la llegada de los vagones vacíos, la substitución de uno lleno por uno vacío y la salida de los vagones llenos.

Los medios empleados hasta ahora son limitados y clásicos.

Si se dispone de suficiente espacio a lo ancho, la aguja llamada «californiana» de doble vía, de fácil desplazamiento, resuelve la cuestión.

Si el espacio a lo ancho es restringido, es preciso recurrir al transbordador lateral o al «Cherry picker».

En las figuras que se adjuntan se dan detalles de los dos dispositivos: la aguja californiana y el transbordador lateral.

Este objeto fundamental de reducir al mínimo los tiempos muertos en la maniobra, conduce al empleo de vagones de capacidad cada vez mayor, y es hecho indiscutible que la puesta en servicio de vagones de 2.000 litros y 3.000 litros y, a veces más, se intensifica rápidamente.

Uno de los vagones más usados es el de tipo Sarre, de 3.000 litros (minas de carbón), y otro muy empleado es el de descarga lateral de 1.900 litros, tipo obras públicas.

Vagones de gran capacidad, locomotoras potentes, carriles de peso adecuado y fuertes velocidades en el arrastre, son factores fundamentales.

En diez años el peso del carril ha pasado de 7/9 Kgs. a 25/30 Kgs. metro.

Las locomotoras de 60 HP. son de uso corriente.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Los trenes de vagones en las galerías de arrastre desarrollan una velocidad de 25/30 Km. por hora.

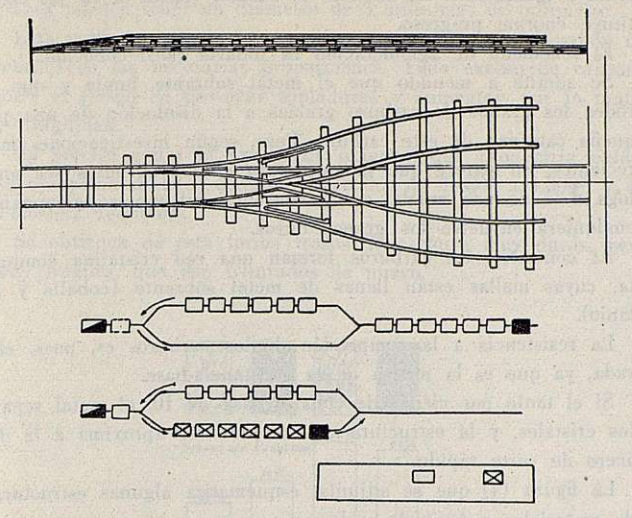


Fig. 2

Agua "californiana".

Los descarrilamientos, tan frecuentes hace veinte años, serán completamente desconocidos por las nuevas generaciones de ingenieros.

Esta serie de progresos técnicos y mejoras en la organización general de los trabajos, asegura hoy día la posibilidad de realizar, en veinticuatro horas, avances medios del orden de 10 metros, bajo la reserva de que los terrenos se presten y que no exijan entibación fuerte para su sostenimiento.

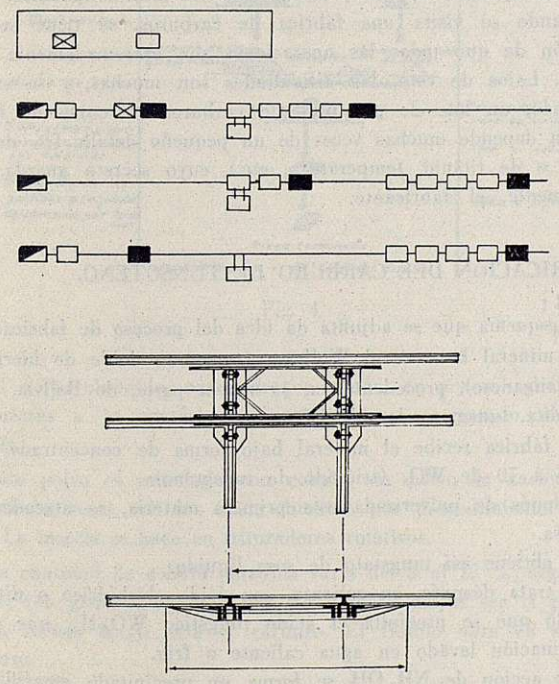


Fig. 3

Transbordador lateral o "cherry picker".

La sociedad de contratas Osude & Blanc, en los tajos de la electricidad de Francia en la Lúzège, ha perforado una galería de derivación de 12,2 m², de 6 Km. de longitud, a velocidad media superior a los 10 metros en veinticuatro horas.

El mejor avance semanal ha sido de 75 metros, y el mejor diario ha superado los 14 metros.

Por ser ésta una labor muy interesante, ya que se obtuvieron resultados extraordinarios, haremos la descripción detallada de la forma de realizarla.

En el frente para la carga del escombro se disponía de una pala cargadora de tipo medio.

En general, hoy día, las fases de trabajo se presentan así:

Perforación	1 ½ horas a	1 ¾
Pega y ventilación	1 »	
Carga de escombros	1 »	1 ½

Avances por ciclo de 2 a 3 metros, en secciones de galería de 9 a 20 m².

La potencia de los medios puestos en servicio (perforación y carga de escombros) es, naturalmente, función de la sección de la galería y de la profundidad del arranque por pega. En todos los casos, estos principios serán los que orientarán la norma que proceda seguir en el trabajo.

CONSECUENCIAS DE LA MECANIZACIÓN.

Hay un hecho que es preciso aceptar, y es que en el avance actual la mecanización ha reemplazado al minero.

Es, pues, importantísimo asegurar la educación técnica de la mano de obra, y desarrollar su sentido mecánico en centros de aprendizaje y de formación locales.

La elección del personal de mandos es muy difícil, a consecuencia de requerir la sincronización perfecta de las diferentes fases del trabajo.

Así, por ejemplo, un avance de 2,40 metros en cuatro horas, representa 0,60 metros por hora. De aquí que un retraso de quince a veinte minutos de la llegada al frente de la pala mecánica, del «Jumbo», del tren de vacío, significa una pérdida en el avance de 15 a 20 centímetros.

El factor continuidad del trabajo es fundamental.

La ruptura de una manga, cuando se carga a mano, no influye en el rendimiento del relevo. La parada de la pala mecánica, durante el transcurso de la carga del escombro, compromete irremediablemente el rendimiento del relevo y, por consiguiente, el de la jornada.

Esta es la razón por la cual ciertos tajos americanos disponen de un sobreequipo de seguridad; el material de reserva está dispuesto cerca del tajo, preparado para substituir cualquier deficiencia del material en servicio.

La responsabilidad de los constructores, de acuerdo con los usuarios de este material, crece en función directa del papel asumido por las máquinas.

La noción del «servicio», en el sentido más noble y más vasto de la palabra, es fundamental.

El constructor se encuentra íntimamente ligado a la buena marcha de las labores.

CONCLUSIONES

A consecuencia de las resistencias opuestas por la naturaleza: aguas, incendios (minas de carbón), hundimientos, deslizamientos

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

del terreno, hundimientos del techo, dureza y abrasividad de las rocas silíceas, pocas técnicas han realizado en veinticinco años progresos tan rápidos como los de los trabajos en roca, tanto en el dominio material como en el dominio social.

Las condiciones:

de salubridad (supresión de polvo y buena ventilación);

de seguridad (pega eléctrica);

de visibilidad (lámparas electro-neumáticas),

son incomparablemente mejores.

La poca duración legendaria de la vida del minero de roca, ha sido aumentada considerablemente.

Las máquinas: palas mecánicas, martillos perforadores sobre apoyos y locomotoras, substituyen al hombre, en los trabajos más fatigosos, elevando su nivel social.

Los técnicos de los trabajos en roca pueden estar legítimamente orgullosos de haber asociado tan armoniosamente el progreso humano, social y material.

* * *

Por las consideraciones reseñadas en las páginas anteriores, vemos que los grandes progresos realizados en los avances de galería en roca han sido debidos al empleo de barrenas con bocas de carburo de tunsgteno, de martillos pesados de columna, de «Jumbos» y de palas cargadoras de gran rendimiento.

Por la importancia que tiene cada uno de estos elementos en el avance de una galería, vamos a estudiarlos separadamente.

LOS CARBUROS DE TUNSGTENO Y SU UTILIZACIÓN EN LOS TRABAJOS DE INTERIOR

HISTORIA

El principio sobre el cual está basada la fabricación de carburos no es nuevo, sino conocido desde hace más de cien años; pero no se le ha dado la importancia que merecía más que desde hace algunas décadas.

Taylor reconoció muy pronto la influencia de los carburos sobre la dureza, resistencia y facilidad de corte de los aceros de las herramientas, y sus investigaciones condujeron a los aceros de corte rápidos.

Después surge la creación de aleaciones, que contienen metales de punto de fusión elevado y sus carburos. En 1907, Haynes lanza al mercado una aleación fundida de cromo-cobalto-tunsgteno, a la cual le da el nombre de «Stellite».

Pero las «Stellites» presentan cierta fragilidad y son más o menos porosas. Sus fabricantes no pueden extender mucho su aplicación.

De aquí la necesidad de buscar otra fórmula. Como consecuencia de su punto de fusión elevado, la colada de carburos, en particular, los de tunsgteno y molibdeno, presenta en su fabricación grandes dificultades.

Las investigaciones se orientan entonces hacia un procedimiento metalo-cerámico, donde las piezas son preparadas por aglomeración pura y simple de carburo de tunsgteno, sin ninguna adición, necesita una alta temperatura y conduce a un engruesamiento del grano, muy perjudicial para las aplicaciones posteriores.

Esta dificultad ha sido resuelta añadiendo cantidades bastante pequeñas de metales de punto de fusión más bajo que el del carburo. La temperatura de aglomeración desciende así, en ciertos casos, hasta 1.000º. La fragilidad de la mezcla disminuye igualmente. La adición de cobalto (hasta el 15 %) constituye enorme progreso.

El fenómeno de aglomeración es todavía poco conocido.

Se admite a menudo que el metal sobrante funde y que él rodea los granos de carburo gracias a la disolución de una pequeña cantidad de este carburo. Pero, según investigaciones más recientes, no parece que la estructura de los carburos sea análoga a la de una muela, en la cual una substancia aglomerante cualquiera envuelve los granos duros.

Al contrario, los carburos forman una red cristalina compacta, cuyas mallas están llenas de metal sobrante (cobalto y titanio).

La resistencia a la compresión de los carburos es, pues, elevada, ya que es la misma de la substancia-base.

Si el tanto por ciento de cobalto pasa de 10, el metal separa los cristales, y la estructura del conjunto se aproxima a la del acero de corte rápido.

La figura (4) que se adjunta, esquematiza algunas estructuras de materiales a base de carburos.

Es en 1926 cuando los primeros carburos utilizables hacen su aparición en el mercado mundial, lanzados por Krupp, que le da el nombre de «Widia» (Hart Wie Diamant - Duro como el diamante). Desde entonces, su campo de aplicación no hizo más que crecer.

Estos carburos mantienen sus propiedades por encima de los 800º, en particular su dureza, mientras que para los aceros de corte rápido, la dureza decrece muy rápidamente a partir de los 600º.

Las investigaciones continúan. Se incrementa sin cesar la lista de carburos en los cuales la mayor variación en su constitución modifica en gran proporción sus propiedades esenciales. Sus aplicaciones son y serán cada vez más abundantes.

Cuando se visita una fábrica de carburos, se tiene la impresión de que todas las operaciones son extremadamente sencillas. Lejos de esto, las dificultades son muchas, y la suerte de todo, un lote de plaquitas de carburos en curso de fabricación depende muchas veces de un pequeño detalle (% de cobalto o de titanio, temperatura, etc.), cuyo secreto guarda, naturalmente, el fabricante.

FABRICACIÓN DEL CARBURO DE TUNSGTENO.

El esquema que se adjunta da idea del proceso de fabricación.

El mineral base es el Wolfram (tunsgtato doble de hierro y de manganeso), procedente, en su mayor parte, de Bolivia, o la Scheelita, tunsgtato de calcio.

La fábrica recibe el mineral bajo forma de concentrado, con el 55 a 70 de WO_3 (trióxido de tunsgteno).

Después de pulverizada esta primera materia, es atacada por la sosa.

Se obtiene así tungstato de sosa líquido.

Se trata después, en caliente, con ácido clorhídrico o nítrico, con lo que se precipita el ácido túngstico WO_4H_2, que es a continuación lavado en agua caliente o fría.

Por acción de NH_4OH se forma un precipitado amarillo de WO_3. Este precipitado es lavado, filtrado, secado y a continuación, quebrantado.

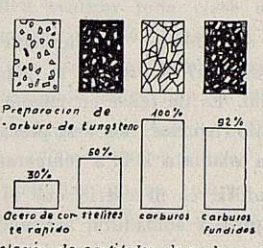
FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

El trióxido es reducido por el hidrógeno entre 900° y 1 000°. El metal así obtenido es triturado en polvo muy fino, cuyos granos pueden tener un diámetro de 5 milésimas de milímetro.

Este polvo se mezcla con carbono (negro de humo, carbón de retorta) en las necesarias proporciones. Todo exceso de carbono corre el riesgo de provocar sopladuras y aumentar, por lo tanto, la fragilidad.

Es preciso evitar el exceso de oxígeno, que produciría óxido. La operación se hace en horno eléctrico de 1.480° a 1.500°, y en atmósfera reductora.

Se obtienen de esta forma trozos de carburo muy duros, pero muy frágiles, que son triturados de nuevo.



Relación de cantidades de carburo de tungsteno y de sustancias de base para diferentes materiales de corte – Fig. 3

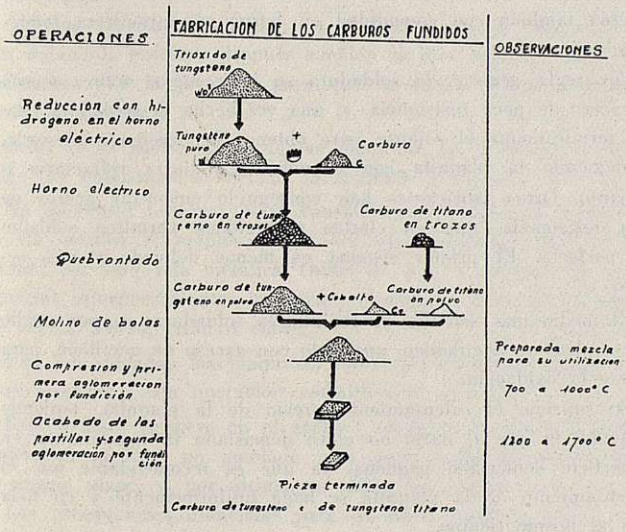


Fig. 4

El polvo obtenido, cuyos granos tienen, en general, diámetros inferiores a la centésima de milímetro, es pasado por un tamiz.

Este polvo es mezclado con cobalto en polvo (o carburo de titanio, a veces con los dos), obtenido por procedimiento análogo. La mezcla se hace en trituradores rotativos.

La cantidad de cobalto añadida varía del 3 al 12 %, según los casos (en general, del 6 al 12 %). Cuanto mayor sea la proporción, menos frágil será el carburo. El titanio obra en sentido inverso.

Algunas veces se añade zirconio, que aumenta la resiliencia

La mezcla final es comprimida en frío con fuerte presión (de 2 a 6 Tm. cm^2) en placas o barras, cuya forma sea la deseada y de tal manera que se pueda obtener el máximo de plaquitas.

Estas piezas deben de experimentar una primera vitrificación, a temperaturas que oscilen entre 650° y 1.000°, según la proporción de cobalto y la calidad de carburo que se desee obtener.

Esta aglomeración previa eleva la resistencia del producto (comparable a la de la creta, desde ese punto de vista), lo que permite trabajarlo con la sierra y con la muela.

Las plaquitas tienen así su forma definitiva, y hay que tener en cuenta previamente la contracción que se producirá en su aglomeración (del 20 al 30 % sobre sus dimensiones).

Son, a continuación, colocadas en crisoles y dispuestas en capas horizontales, separadas entre sí por capas de aislante $AL_2 O_3$, por ejemplo. El vitrificado propiamente dicho se hace en horno eléctrico (algunas veces de alta frecuencia), a temperatura de 1.150° a 1.700°, según las proporciones de cobalto y de titanio y las calidades que se deseen obtener.

Tengamos en cuenta, que después de la reducción de WO_3 por H_2, todas las cocciones se hacen en atmósfera reductora, en hornos eléctricos de resistencias o de inducción. La temperatura es minuciosamente regulada y mantenida constante automáticamente por medio de pirómetros.

Estos hornos son atravesados por un chorro de hidrógeno seco, y es necesario que la llama salga afuera.

Antes de la última cocción, las plaquitas son todavía recuperables y, por quebrantado y molido, se puede volver a utilizar la primera materia; pero cuando ya han experimentado la última vitrificación, el carburo ha adquirido todas sus propiedades y no se puede recuperar de nuevo.

El enfriamiento debe de ser muy lento y se hace en la parte de atrás del último horno. Un cambio brusco de temperatura ocasionaría fallos. Cuando el color rojo ha desaparecido en la plaquita, ya no hay nada que temer. En la primera parte toda falta de atención podría ocasionar una reoxidación, y el color amarillo del óxido WO_3 reaparecería.

Cuando las plaquitas salen de los talleres de fabricación pasan a una verificación. Son examinadas con lente, y las que presentan defectos son desechadas. Cierto porcentaje de ellas experimenta diversos ensayos efectuados en el laboratorio (ensayos de escoriación, de resistencia, etc.).

En general, cierto número de plaquitas pasan a la prueba de dureza (Rockwell A).

Las cifras de dureza no son más que indicativas. Es prácticamente imposible conocer la dureza exacta del carburo, pues las puntas de diamante del aparato Rockwell no penetran fácilmente en el carburo y se rompen si se emplea la carga normal de 150 Kgs. Además, las huellas presentan a veces hendiduras y saltaduras.

Solamente un ensayo práctico permite probar la calidad del carburo.

Demos, a título indicativo, algunas propiedades del carburo:

Parece ser un cuerpo autotemplante, cuya dureza no está influída por los cambios de temperatura (no es, pues, necesario templarlo ni recocerlo).

El peso específico es muy elevado (10 a 15, según el % de cobalto y de titanio).

Buen conductor del calor y de la electricidad. No tiene alar-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

gamiento sensible, lo que es muy importante en el momento de su colocación.

Punto de fusión, impreciso: 2.700°, próximamente. Débilmente magnético.

Es cierto que la fabricación es factor esencial para la buena utilización del carburo, pero no es suficiente. Las plaquitas deben ser colocadas a continuación sobre porta-herramientas adaptadas cada una a un trabajo determinado.

Después de mucho tiempo de aplicación en la industria, los carburos empiezan a emplearse en las herramientas de mina. Se han empezado a utilizar las placas en las perforadoras rotativas de carbón, se han equipado dientes de regadora con carburo y, por último, se han preparado bocas intercambiables para la perforación por percusión en roca.

Empezaremos por el montaje de las placas sobre un soporte; después pasaremos al amolado, y, por último, al reafilado.

COLOCACIÓN DE LAS PLACAS

Las plaquitas brutas procedentes de la fábrica deben ser montadas sobre soportes, y la operación de sujetarlas constituye su soldadura.

La soldadura (metal de unión) puede ser, según los casos, latón, cobre o una aleación a base de plata.

El latón tiene la ventaja de fundir a temperatura relativamente baja; pero está poco probado que la soldadura así obtenida sea muy sólida.

El cobre electrolítico es el metal preferido y el más utilizado. Necesita, por el contrario, una temperatura de caldeo bastante elevada; inconveniente que desaparece a base de enfriamiento bastante lento.

La soldadura a base de plata es la ideal. Es empleada, en Suecia, con buen éxito, funde a 700° solamente, y su único inconveniente es su elevado coste.

Las operaciones sucesivas, en líneas generales, son las siguientes:

1.° Previo calentamiento del soporte al rojo.
2.° Limpieza con bórax y una carda metálica.
3.° Colocación de la plaquita.
4.° Colocación del metal de soldadura (placa fina o agujas) recubierto con un poco de bórax.
5.° Caldeo del conjunto con ajuste de la plaquita. Cuando la soldadura está terminada, se apoya fuertemente sobre la placa con una herramienta puntiaguda para no provocar un enfriamiento rápido.
6.° Enfriamiento tan lento como sea posible.

Volvamos sobre estas operaciones una por una.

El caldeo previo tiene por objeto preparar el soporte y facilitar su limpieza. El alojamiento de la plaquita debe de estar exento de toda partícula y de cualquier indicio de grasa.

El polvo y las virutas de metal crearían puntos débiles en la soldadura.

La plaquita debe adaptarse perfectamente al alojamiento que le ha sido preparado. El ideal sería rectificar las dos caras en contacto, pero el precio de coste sería tal (sobre todo, para el carburo), que se debe renunciar a ello. No obstante, algunos fabricantes hacen a las placas un amolado previo para dejarlas bien pulidas en sus caras en contacto con la mortaja. La soldadura queda tanto más perfecta, cuanto más débil es su espesor (algunas centésimas de milímetro). El metal de soldadura fundido ocupa el intervalo entre la plaquita y el soporte por capilaridad. Por esta causa, el resultado es mejor cuando el espacio entre ambos es más reducido. Toda acumulación de soldadura es un punto débil y arrastra a menudo el desoldado de la plaquita durante el trabajo. Esto justifica que al final de la operación se apoye la plaquita fuertemente contra su asiento, para eliminar las acumulaciones eventuales.

Ya hemos indicado que se debe utilizar a este efecto una punta muy fina: la plaquita está a una temperatura muy elevada y el contacto con una superficie grande provocaría un brusco enfriamiento local, lo que ocasionaría un punto débil.

El metal empleado en la soldadura debe de ser lo más puro posible.

El bórax sirve de desoxidante, de fundente (facilita la fusión del metal de soldadura) y protege la plaquita y soldadura de la oxidación eventual. Es de tener en cuenta que la soldadura debe de hacerse en medio reductor; sin esta precaución es de temer la decarburación de la plaquita a alta temperatura.

Después de la soldadura, es necesario que el enfriamiento del conjunto, soporte, plaquita y soldadura, sea muy lento, para evitar las diferencias de temperatura entre dos puntos de la plaquita, lo que podría motivar fallos e incluso quedar convertida en polvo. Es necesario hacer esta operación en polvo de carbón muy fino o en grafito, o en su defecto, en mica en agujas. Se efectúa también con comodidad en horno con atmósfera reductora.

Por regla general, la soldadura se hace mejor sobre soporte de acero de poca resistencia, y, una vez hecha la soldadura, tratar térmicamente el soporte para obtener la resistencia deseada, protegiendo la plaquita con capuchón de tierra refractaria o amianto. Otros fabricantes han conseguido encontrar aceros de alta resistencia, que en ciertas condiciones permiten soldadura perfecta. El primer sistema es menos delicado y más seguro.

El medio más sencillo de realizar la soldadura, es por medio del soplete oxi-acetilénico, operando con exceso de acetileno, para evitar la oxidación.

Se suprime el calentamiento previo de la plaquita, teniendo cuidado de que al darlo no eleve demasiado la temperatura en superficie demasiado pequeña, ya que es recomendable que el calentamiento de la plaquita se haga uniformemente y en toda ella al mismo tiempo.

La operación es larga, y al no poder emplear el cobre, se emplea latón de primera clase o bronce especial.

La segunda solución consiste en utilizar un horno de gas del alumbrado. La atmósfera del horno es reductora, pero las plaquitas no deben ser lamidas por las llamas. Las herramientas que se han de soldar son colocadas sobre un soporte bastante largo en el interior del horno, y la llama pasa por los dos costados.

El horno de enfriamiento es igualmente calentado por gas.

Los hornos de gas son muy económicos, el caldeo es muy rápido, sin peligro de oxidación, y la temperatura llega fácilmente a los 1.100°, necesarios para la soldadura con cobre.

También se emplea a veces el horno y el soplete combinados; la soldadura propiamente dicha se hace con soplete sobre piezas calentadas previamente en horno de gas.

Existen otros métodos utilizados por diferentes casas a base

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

de instalaciones eléctricas. En estos casos se emplean máquinas de electrodos, hornos de resistencia y hornos de inducción. En todos casos, la pieza es llevada muy rápidamente a alta temperatura.

Las máquinas de electrodos son empleadas preferentemente para la soldarura de gruesas piezas. En piezas pequeñas se observa deformación del soplete, antes de que la soldadura de la pieza esté terminada.

Más prácticos serían los hornos de resistencia si no fuese por la duración del calentamiento. Una corriente de hidrógeno puede atravesarlos.

Por último, cada vez son más empleados los hornos de inducción alimentados por generadores de alta frecuencia. Extremamente prácticos, permiten realizar toda clase de trabajos que necesitan un calentamiento rápido. Presentan el inconveniente de que la soldadura con cobre es prácticamente imposible, pues el acero del soporte funde antes que el mismo cobre.

Se pueden, pues, utilizar estos hornos con soldadura de punto de fusión más bajo (700° a 800°) a base de plata, por ejemplo. Además, las plaquitas no se rompen tan fácilmente. Un chorro de hidrógeno atravesando las espiras de inducción impide la oxidación.

En toda boca de perforadoras hay que soldar, por lo menos, dos placas, por lo que es preciso evitar el desoldado de la primera cuando se suelde la segunda.

Algunos fabricantes sueldan en el horno una de las plaquitas, dejándola enfriar; después sueldan la otra bastante más rápidamente que la primera, para que no tenga tiempo a desoldarse la anterior.

Otras veces sueldan una de las plaquitas en el horno, y después del enfriamiento sueldan la segunda a soplete.

No queremos terminar estas consideraciones sobre la soldadura sin señalar el empleo de la «celosía metálica». Está constituída por una tela metálica (hilos de 2 a 3 décimas de milímetro), interpuesta entre la placa y el soporte. Esta celosía puede ser de hierro, latón o cobre.

Una vez soldadas las plaquitas, sólo resta darles el ángulo de corte deseado; esta operación constituye el amolado.

Éste se hace primero en el acero y luego en la placa. A continuación, se hace un amolado para dejar todas las placas en el mismo plano, y, por último, se afilan las placas.

Las precauciones esenciales para un buen reafilado son:

1.° Volver a amolar antes de un desgaste demasiado acusado.
2.° Evitar un reamolado excesivo.
3.° Utilizar muela de buena calidad y de conveniente perfil.
4.° Mantener el ángulo de origen de las plaquitas.

Los dos primeros puntos son evidentes. Si el obrero continúa trabajando con una boca ya desgastada, la velocidad de perforación, baja, y el desgaste se acentúa muy rápidamente.

Un reamolado excesivo disminuye la vida de la boca y hace crecer el precio de coste del metro perforado.

Con un afilado conveniente, se obtendrá material bien conservado.

Para efectuar el reamolado del acero del soporte, puede utilizarse una muela de corindón.

El carburo es reafilado previamente sobre una muela de desbaste de carborundum, dureza J o K grano 50 a 70 (la muela 50 J es la más empleada). El afilado definitivo debe hacerse en una muela de carborundum grano 120, o mejor sobre una muela diamantada.

La muela diamantada (impregnación del diamante en bronce) es costosa, pero su vida es larga y su trabajo muy rápido.

Durante el amolado, para evitar el calentamiento, el regado abundante de la muela es indispensable; para ello se emplea el agua natural.

Debe de ser tibia en el invierno, para evitar las grietas en las manos de los obreros. A veces es preferible añadir un poco de potasa o de aceite soluble, para evitar la formación del orín.

El aceite debe de ser ligero y empleado en pequeñas dosis, con el fin de no engrasar las muelas.

La plaquita que se desee afilar debe de ser desplazada delante de la muela, para evitar calentamientos locales.

En la mayor parte de los casos tienen los obreros las bocas a mano y las afilan a ojo. Con mucha frecuencia no utilizan los gálibos puestos a su disposición (es preciso decir en su descargo que el hábito les permite ver si el reamolado es aproximadamente el debido). En algunas minas los ingenieros de interior verifican el gálibo en el tajo, y castigan al personal que hizo el reamolado, si éste se hizo demasiado imperfecto (lo mejor es ejercer la vigilancia en el taller).

Existen máquinas de reamolar automáticas. La opinión general de los que las han empleado es que estropean muchas bocas. La presión del carburo sobre la muela es demasiado fuerte y rígida. La presión dada con la mano es más elástica.

Si es afilada sobre la periferia de la muela, la cara amolada toma el radio de curvatura de la muela, y con el fin de obtener una cara plana, es necesario amolar sobre el costado.

La firma inglesa Siemens-Schukert fabrica una máquina para muelas que lleva motor, muelas y soportes para las bocas. Estas últimas, colocadas sobre los soportes, se encuentran *ipso facto* en la posición deseada. Unas empuñaduras permiten inclinar las bocas hacia las muelas, sin que el obrero tenga que intervenir. Esta máquina tiene muy buen éxito en Inglaterra, y también se utiliza en algunas minas de Francia.

Sin embargo, parece que la solución más sencilla consiste en montar delante de la muela una mesa perfectamente horizontal. Sobre esta mesa se puede mover un calzo de acero, donde se encuentra practicado un alojamiento para la boca. Este alojamiento está hecho de tal manera que los ángulos de cada cara superior de las plaquitas permanezcan siempre los mismos. El obrero tiene el calzo en la mano y lo desplaza a voluntad. Tiene la ventaja de que evita el tener siempre las manos mojadas.

De cualquier manera que esté organizado el servicio, hay un hecho cierto, y es que los jefes de tajo deben de economizar sus bocas, con el fin de obtener con ellas el máximo rendimiento. Parar una boca ligeramente desgastada, es prolongar su vida y economizar carburo.

EMPLEO DE LAS BOCAS DE CARBURO DE TUNSGTENO EN LA PERFORACIÓN DE LA ROCA

INTRODUCCIÓN

La aparición en el mercado de bocas de carburo de tunsgteno ha obligado a determinar una serie de cronometrajes de perforación, para cifrar las ventajas de este nuevo material.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Al mismo tiempo, se ha estudiado la influencia de otros factores, como el peso del martillo, presión del aire comprimido, etcétera.

Antes de describir los resultados obtenidos, hacemos algunas consideraciones.

DIFICULTAD DEL PROBLEMA

La velocidad de perforación de un taladro y el desgaste de la boca dependen de gran número de factores; los principales son los siguientes:

Naturaleza de la roca.

Características del martillo, peso, diámetro y corrida del émbolo, grado de desgaste, engrase, etc.

Presión del aire comprimido que alimenta el martillo.

Gasto del agua de inyección.

Presión de agua de inyección.

Forma de avance del martillo (tipo de avanzador).

Forma de fijar el martillo (rigidez del soporte del avanzador).

Manera de empezar el barreno (utilidad de una herramienta centradora).

Peso de la barrena.

Momento de inercia de la barrena.

Forma de la barrena (lisa, helicoidal, etc).

Tolerancia en la longitud de la enmangadura de la espiga.

Sistema de inyección de la boca.

Diámetro de la boca.

Forma de la boca, bisel sencillo, cruz, ángulos diversos, posición de los agujeros de inyección de agua.

Naturaleza de la boca.

Habilidad del operador.

Llamando a estos parámetros a, b, c..., n y V a la velocidad de perforación.

Cuando se dejan los parámetros fijos, salvo uno (n, por ejemplo), es fácil ver cómo varía V en función de n.

No hay razón ninguna para que ésta ley sea la misma variando otro parámetro.

Por ello, sería preciso en rigor, rehacer el estudio de la curva V (n) para toda una serie de valores de a, a continuación de b, después de c, etc..

Se concibe que sea muy difícil resolver enteramente la cuestión.

Las cifras obtenidas lo han sido a base de una serie de medidas largas y pesadas, que suponen centenares de horas de cronometrajes.

Además, la llegada de nuevos materiales (martillos, bocas...), ha sido escalonada en el transcurso de dos años y ha motivado que los ensayos sean menos coherentes de lo que se hubiese deseado.

Todos estos ensayos se han hecho en terrenos hulleros, y sería muy interesante rehacerlos en las rocas cristalinas que representan la mayor parte de los terrenos atravesados por los túneles.

PERFORACIÓN CON INYECCIÓN DE AGUA

En la casi totalidad de los ensayos, la perforación ha sido hecha con inyección de agua, pues se estima que la perforación en seco debe prohibirse en el estado actual de la técnica, por las siguientes razones:

a) La perforación en seco, sin aspiración del polvo, no es posible con más de dos martillos, porque hace que el tajo sea completamente inhabitable.

b) Todos los ensayos de aspiración, probados por diversas fábricas, han fracasado. Los aspiradores ocupan mucho espacio y llegan a dimensiones enormes, si se quiere aspirar el polvo de dos o más martillos, y nunca han sido bien acogidos por el personal que los ha utilizado.

La captación del polvo en la boca del taladro no ha sido resuelta satisfactoriamente.

El consumo de aire comprimido del martillo se duplica con el empleo del aspirador.

c) La aspiración de polvo, no impide el tener que llevar agua al tajo para regar los escombros antes de la carga mecánica.

d) El personal obrero adopta la inyección de agua sin dificultad, si los martillos están montados sobre «jumbo» o sobre columna.

CARBURO DE TUNSGTENO

Algunas dificultades se han presentado para la utilización normal de estas bocas.

Las calidades de carburo de tunsgteno fabricadas primeramente no convenían, por su excesiva fragilidad al choque, y exigían condiciones de trabajo determinadas.

Posteriormente se han conseguido calidades menos frágiles, a base de aumentar la proporción de cobalto.

RESISTENCIA DEL CUERPO DE LA BARRENA

La experiencia ha probado que las bocas de carburo de tunsgteno aumentan considerablemente la fatiga del cuerpo de la barrena.

Largas barrenas que trabajan bien con bocas forjadas en la misma, parten al cabo de algunos decímetros de perforación si están provistas de bocas de carburo sujetas a la barrena. La barrena debe, pues, ser de gran diámetro, o bien, de acero aleado.

A fines del año 1947, el estado de la técnica mundial era el siguiente:

Martillos de 20 a 30 Kgs. de peso. En este tipo de martillo la boca es problema completamente resuelto y las barrenas destinadas a recibir la boca son de acero al cromo molibdeno.

Martillo de 50 Kgs. de peso. Los americanos han fabricado un tipo de bocas con buen resultado; pero el problema de las barrenas no se encuentra en esta fecha completamente resuelto.

INTERÉS DE LAS BOCAS DE CARBURO DE TUNSGTENO

Estas bocas sujetas a la barrena se desgastan 100 veces menos de prisa que las bocas forjadas; de aquí se desprenden una serie de ventajas:

a) Posibilidad de permanecer una boca en buen estado durante la perforación, lo que da lugar a un incremento en la velocidad.

b) La poca disminución del diámetro de la boca, permite taladrar los barrenos con bocas de diámetro pequeño. La velocidad media de perforación será, pues, incrementada. El em-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

pleo de barrenas de acero aleado permite utilizar barrenas de menos diámetro y bocas más reducidas aún.

c) Un barreno puede ser perforado en toda su longitud, sin cambiar de boca. La corrida de los avanzadores de los martillos puede ser aumentada para permitir la perforación de un taladro sin cambiar de barrena.

En el caso de un taladro de 2,80 metros de longitud y con martillos americanos montados sobre avanzadores de 70 cm. de recorrido, es preciso emplear cuatro barrenas sucesivas, cuyos diámetros de boca vayan en disminución.

Adoptando avanzadores de 3 metros de corrida, se evitan los tres cambios de barrena y se gana un tiempo apreciable. Esto supone economía importante en la mano de obra.

En América se admite que un «Jumbo» de cinco martillos pesados exige doce hombres para ser manejado: dos hombres por martillo para cambiar rápidamente las barrenas, y dos, además, para cambiar las bocas de las barrenas.

Con bocas fijas sólo hacen falta seis hombres para manejar el «Jumbo» de cinco martillos montados sobre avanzadores de gran corrida.

La economía es de seis hombres.

d) Disminución del transporte de barrenas.

e) Gran facilidad para el afilado de las bocas de carburo, ya que este trabajo puede ser hecho en el mismo tajo.

PERFORACIÓN CON INYECCIÓN DE AGUA Y PERFORACIÓN EN SECO

Se han hecho diferentes ensayos de perforación con soplo de aire y con inyección de agua, para estudiar la influencia del gasto y de la presión de agua.

Estos ensayos han sido hechos en pizarra dura, con el siguiente material:

Martillos perforadores.—Con inyección de agua el Meudon CPBY, de 20 Kgs. de peso, y con soplo de aire el Meudon CPB, de 20 Kgs. de peso.

Barrenas.—Tubo hueco 16/28 m/m. de acero aleado, con un cono entrante en cada extremidad; estos conos están destinados a recibir la espiga y la boca.

Bocas.—Tipo Cruz, de pastillas de carburo de tunsgteno empotradas.

Avance del martillo.—Avanzador de reacción tubular, tipo «Dourges» anclado al terreno.

COMPARACIÓN DE LAS VELOCIDADES OBTENIDAS CON INYECCIÓN DE AGUA Y SOPLO DE AIRE

Fueron dados una decena de barrenos paralelos de 2 metros de largo, distantes entre sí 10 cm., unos, con soplo de aire, y, otros, con inyección de agua.

La presión de aire comprimido ha sido mantenida a 4 Kgs. por cm² con el martillo en marcha; la presión de agua a 6 Kgs. cm² y el gasto de agua a 4 litros minuto, medido con el martillo parado.

Estos ensayos fueron hechos en diversos terrenos, y sus resultados han demostrado que en rocas duras con fuerte presión de agua y el grifo de inyección de agua abierto al máximo, las velocidades obtenidas con inyección de agua y soplo de aire son iguales.

Las pruebas realizadas en terrenos flojos han denotado mayor velocidad instantánea y muchos menos incidentes, perforando con soplo de aire que con inyección de agua. Por el contrario, si se emplea barrena helicoidal, la perforación con inyección de agua es tan rápida como con soplo de aire.

La influencia de la barrena será objeto de estudio aparte.

INFLUENCIA DEL GASTO Y DE LA PRESIÓN DEL AGUA

Las pruebas se hicieron en pizarra dura con el equipo descrito anteriormente, alimentado con presión de aire de 4 Kgs. cm², y de agua de 5,5 a 6 Kgs. (presiones medidas durante la perforación).

El procedimiento empleado para medir el gasto de agua ha sido bastante imperfecto, ya que aquél consistió en un aforo antes y otro después de trabajar el martillo y con éste parado. Es fácil que el orificio de inyección de agua quede disminuído parcialmente por los lodos, y en cuyo caso el gasto sea menor.

La Figura 5 adjunta da una función del gasto medido en la parada la velocidad de perforación. Las dos curvas corresponden a presiones de agua medidas en marcha de 5,9 y 6,9 Kgs. cm².

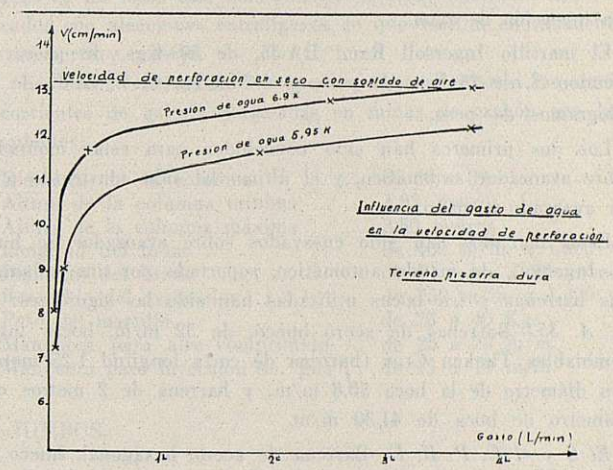


Fig. 5

Bajo el punto de vista de la velocidad de perforación, se deducen las siguientes conclusiones:

A) Hay interés en aumentar la presión del agua de alimentación al máximo que permita la buena marcha del martillo y que no se originen pérdidas de agua en los conductos.

B) También es muy interesante aumentar el gasto de agua al máximo.

Resumiendo lo anterior, vemos que *la perforación está siempre facilitada cuanto más elevados son la presión y el gasto de agua.*

El empleo de la inyección de agua con la mayor presión posible obliga a tener un esmero especial en la conservación y engrase de los martillos, después de cada perforación.

INFLUENCIA DEL GASTO DE AGUA SOBRE EL DESGASTE DE LA BOCA.

Se hicieron varios ensayos con bocas forjadas en pizarra dura con presión de aire comprimido de 4,5 Kgs. cm².

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Estos ensayos han permitido ver que el desgaste decrece y que llega hasta un límite, cuando el gasto de agua crece y en el que el desgaste es algo inferior al desgaste en seco con soplo de aire.

En las pruebas realizadas con bocas de carburo de tunsgteno, con los mismos martillos ligeros empleados anteriormente, el desgaste medio de las bocas en cruz con soplo de aire fué de 3,75 centésimas de m/m. por metro de barreno, y en las mismas condiciones se repitieron los ensayos, pero con inyección de agua, y las bocas revelaron desgaste de 3 centésimas de m/m por metro de barreno perforado.

CONCLUSIÓN

En todos los casos, si el gasto de agua es suficiente, la perforación con inyección de agua no desgasta más las bocas que con soplo de aire.

COMPARACIÓN DE MARTILLOS PERFORADORES

Este estudio se hizo en tres tipos de martillos perforadores con inyección de agua.

El martillo Ingersoll Rand DA-35, de 50 Kgs. de peso; el Meudon S, de 25 Kgs. de peso, y el Meudon C. P. B. I., de 20 kilogramos de peso.

Los dos primeros han sido concebidos para estar montados sobre avanzador automático, y el último ha sido construído para ser avanzado a mano.

Estos martillos han sido ensayados sobre avanzador de husillo Ingersoll, de mando automático, soportado por una columna. Las barrenas y las bocas utilizadas han sido las siguientes:

D. A. 35.—Barrenas de acero hueco, de 32 m/m, bocas intercambiables Timken Cruz (barrena de corta longitud 1,25 metros con diámetro de la boca 50,8 m/m. y barrena de 2 metros con diámetro de boca de 41,30 m/m.

El S y el C. P. B. I.—Barrena de acero, hexagonal, hueco de 22 m/m. al plano, boca de cincel simple con plaquita de tunsgteno empotrada en la barrena; en la barrena de 1,50 metros de longitud, boca de 39 m/m. de diámetro, y en la de 2,30 metros, boca de 38 m/m.

Las medidas de la velocidad han sido hechas en terrenos duros (pizarra dura), y en terrenos flojos (pizarra ordinaria).

Para cada martillo y con cada barrena se anotaron las velocidades de perforación, manteniendo presión constante en el aire comprimido de 3,50-4,50-5,00-5,50 y 6,00 Kgs. por cm^2.

Se deduce de los resultados obtenidos, que con grandes presiones del aire comprimido la velocidad de perforación de los martillos ligeros se aproxima mucho a la del pesado, pero, cuando la presión baja, la velocidad de este último martillo llega a ser dos veces y media mayor que con los ligeros.

En terrenos flojos, el martillo pesado da peor rendimiento, a consecuencia de la deficiente evacuación del polvo.

ESTUDIO SOBRE LA BARRENA

La barrena, independientemente de la boca, tiene influencia muy importante en la velocidad de perforación y en los incidentes de la misma. Vamos a estudiar la influencia de la longitud de la barrena y las ventajas de una barrena helicoidal sobre una ordinaria.

INFLUENCIA DE LA LONGITUD DE LA BARRENA

Para ello se utilizó:

Martillo Ingersoll Rand D. A.-35, acero redondo hueco y liso de 22 m/m de diámetro; longitudes de barrenas, 1,25, 2 y 2,75, con bocas Timken Cruz, de 41,50 m/m. de diámetro.

Martillo de 20 Kgs. Ingersoll Rand J. B.-4, barrenas huecas hexagonales de 22 m/m. al plano; longitudes de barrenas, 1,30, 1.90 y 3,20, bocas Timken Cruz, de 41,30 m/m de diámetro.

Cada una de las barrenas ha dado taladros de 75 cm. de profundidad. En todos estos ensayos, los frotamientos laterales y las dificultades de evacuación de lodo han sido, pues, las mismas en todos los barrenos, cualquiera que sea su longitud.

Con cada una de las barrenas estudiadas, hemos barrenado de 3 a 6 taladros de 75 cm. de profundidad, de 1 ½ en 1 ½ Kgs. de presión por cm^2 en pizarras duras y flojas.

En las rocas flojas la gran variación de tiempos no ha permitido obtener resultados claros.

En pizarra dura, los cuadros que se citan a continuación indican la disminución de la velocidad en función de longitud de la barrena.

Cuadro de velocidades.—Martillo J. B.—4-20 Kgs. de peso

Largo de la barrena	P = 6 Kgs. cm^2	P = 5 Kgs. cm^2	P = 4 Kgs. cm^2	P = 3 Kgs. cm
1,30	29	22	15	11
2,00	27	20	13	9
3,20	24	17	10,5	7

Cuadro de velocidades.—Martillo D A..—35-50 Kgs. de peso

Largo de la barrena	P = 6 Kgs. cm^2	P = 5 Kgs. cm$_2$	P = 4 Kgs. cm^2	P = 3 Kgs. cm
1,25	83,5	75,5	58	47,5
2,00	80	70	51	40
2,75	77	65	45	33,5

INFLUENCIA DE LA HÉLICE

Diversos ensayos han sido hechos con presiones variables de 3 ½ a 6 Kgs. cm^2 empleando martillos ligeros y pesados, en terrenos duros, flojos y francamente blandos (esquistos o carbón).

El equipo de los martillos era el siguiente:

Martillos pesados.—Para barrenas lisas se empleó acero redondo, hueco, de 32 m/m.

Barrenas helicoidales.—La hélice de las barrena se ha obtenido fresando una barrena de 32 m/m de forma de hacer aparecer una doble hélice de 3 m/m. de espesor y de 10 cm. de peso.

En ambos casos se empleó boca en cruz de carburo de tunsgteno.

Martillos ligeros.—Para las barrenas se emplearon tubos de 16/28 m/m., provistas de bocas en cruz de carburo de tunsgteno intercambiables.

Barrenas helicoidales.—Son barrenas de 22 a 32 m/m. con doble hélice de 10 cm. de paso y provistas de boca cruz de carburo de tunsgteno intercamblables.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Los ensayos han demostrado lo siguiente:

Barrenas lisas.—Las grandes velocidades de perforación (supresiones a 60 cm. por minuto) dan lugar a frecuentes acuñamientos de la barrena que arrastran como consecuencia, a veces, el abandono de la misma. La variación de velocidades medias es muy grande (200 a 300 %) para dos barrenos próximos, y es necesario hacer la media de las medidas relativas a cinco o seis taladros.

Barrenas helicoidales.—Con grandes velocidades de perforación la variación de velocidades es mucho menor (30 % como máximo), y los acuñamientos de la barrena desaparecen.

CONCLUSIÓN

La barrena helicoidal es más rápida por aumento de la velocidad y por disminución de los incidentes.

En la mayor parte de los terrenos hulleros, facilita mucho el trabajo del personal. Es indispensable ir a grandes velocidades de perforación para barrenar fácilmente.

El empleo de martillos pesados en terreno flojo no es posible más que empleando barrenas helicoidales.

DIFERENTES TIPOS DE BOCAS

Se emplean cada vez mayor variedad de tipos de boca, ya que cada casa fabrica el modelo que considera más conveniente; pero los más usados en la actualidad son la barrena mono-bloque «Coromant», fabricada en Suecia, y las intercambiables, como las «Holbit» Ingersoll, etc.

La barrena «Coromant» es de acero Sandvikens hexagonal hueco de 22 ó 25 m/m. al plano, y la placa de carburo, que es de cincel simple, va empotrada al extremo de la barrena. Estas barrenas, cuya vida trabajando en roca dura se estima en 100 metros de taladro, son desechadas después de haberlo realizado, y no es susceptible de aprovechamiento por quedar el acero fatigado a consecuencia de la dureza del carburo y se rompen con excesiva facilidad.

Boca «Holbit».—De fabricación inglesa, por la firma «Holman», son del tipo intercambiable de acoplamiento cónico por medio de una lámina de cobre entre los conos entrante de la boca y saliente de la barrena. Esta lámina de cobre tiene por objeto el hacer más elástica la unión e impedir que se remache la barrena dentro de la boca.

Son fabricadas en los dos tipos, cincel simple y en cruz, y en todos los diámetros necesarios para acoplarlas a las siguientes clases de barrenas de acero hexagonal hueco de 22 y 25 m/m al plano y de acero redondo hueco de 32 m/m.

Existen otros tipos de boca presentados por las siguientes casas Ingersoll, Timken, Climax, Riploy, Flottman, Böhler, Prager, etcétera, pero aún son poco empleadas en España.

MARTILLOS DE COLUMNA Y «JUMBOS»

Una vez vistas las ventajas que encierra el empleo de martillos pesados (25 Kgs. de peso en adelante) dotados de barrenas con boca de carburo de tunsgteno, ya que su velocidad de perforación es del doble al triple de uno de 17 Kgs., sólo nos resta describir las dos formas de empleo que permiten barrenar sin fatiga para el obrero y sin que éste se moje a consecuencia de la inyección de agua.

MARTILLOS DE COLUMNA

Los más indicados para la sección corriente en las galerías de carbón son los de un peso de 25 Kgs. montados sobre brazo sujeto a columna vertical, fijada entre el suelo y el techo de la galería. Esta sujeción puede ser hecha por aire comprimido o por medio de husillos.

El avance de estos martillos se hace deslizándose en una corredera por medio de aire comprimido, o bien por medio de husillo a mano.

La longitud de la corredera es muy variable de unos tipos a otros, oscilando entre 75 cm. y 3 metros.

Para los trabajos en las minas de carbón parecen las más indicadas correderas de longitudes entre 1,80 y 2 metros, ya que los taladros no suelen ser mayores, y de esa forma se da cada taladro sin cambio de barrena. Correderas de más longitud son incómodas de manejar en galerías de 5 a 6 m² de sección.

En los primitivos, columna, brazo y corredera son de acero; pero en los tipos más modernos todos estos elementos están fabricados con aleaciones extraligeras, lo que facilita enormemente su transporte y manejo.

Las características de los que mejor se adaptan a las secciones corrientes de galería empleadas en minas de carbón son las siguientes:

Diámetro de la columna	de 60 a 89
Altura de la columna mínima	1,83 metros
Altura de la columna máxima	3,50 metros
Longitud del brazo	de 460 m/m. a 1.500 m/m.
Diámetro del brazo	de 60 m/m. a 89 m/m.
Recorrido del avanzador	de 750 m/m. a 1.800 m/m.
Peso del martillo	de 25 a 40 Kgs.
Manguera para aire comprimido ...	de 25 a 28 m/m.
Manguera para inyección de agua ...	de 15 a 19 m/m.

«JUMBOS»

En un frente de 5 a 6 m² de sección no es posible trabajar con más de dos martillos de columna, con lo cual, aún disponiendo de una buena pala mecánica, es muy difícil dar más de una pega por relevo. Es decir, que la duración de cada ciclo de perforación, pega, ventilación y carga de escombro es, por lo menos, de siete horas.

Para acortar estos ciclos, es por lo que se ha ido a la fabricación de los «jumbos», que en realidad son verdaderas centrales de perforación.

Estas máquinas consisten en un fuerte bastidor montado sobre dos rodámenes análogos a los de los vagones de mina y en el cual están fuertemente anclados las columnas y montantes, destinados a soportar los martillos perforadores, por intermedio de un sistema de brazos que permite variar la posición de los martillos, para poder barrenar en la dirección que se desee.

Estos carrillos pueden estar dotados con dos martillos, y, según la sección de la galería, pueden llevar más, y llegan en algunos casos a tener 28 martillos montados.

En nuestro caso, y en secciones de 6 m², el más práctico es el dotado con cuatro martillos, dispuestos en dos series y de 25 kilogramos de peso cada uno. Esta máquina permite dar el barrenado de una pega completa en una hora y media próximamente.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Este resultado acorta a la mitad del tiempo el ciclo de la misma perforación con dos martillos de columna, lo que permite, contando con medios mecánicos adecuados para la carga del escombro, dar dos pegas de 1 a 1,10 metros por relevo.

PALAS CARGADORAS

El empleo de la pala cargadora es otro de los elementos decisivos para el acortamiento de los ciclos, por su rapidez en la carga del escombro.

Como es lógico, el tipo de cargadora es elegido en relación con la sección de galería en la cual va a ser empleada.

Vamos a dar las características de los tipos de las diferentes palas, señalando en qué sección de galería debe de ser utilizada cada una.

	Pala pequeña	*Pala mediana*	*Pala grande*
Anchura exterior	711 mm.	851 mm.	1.829 mm.
Largo (cangilón replegado)	1.067 mm.	1.270 mm.	5.455 mm.
Largo (cangilón abatido)	1.219-1.295 mm.	1.422-1.549 mm.	1.524 mm.
Altura necesaria	1.778-2.108 mm.	2.159-2.388 mm.	2.387 mm.
Ancho de vía	400 a 600 mm.	450 a 1.200 mm.	750 a 1.500 mm.
Presión de aire máxima	8,8 Kg/cm^2	8,8 Kg/cm^2	8,8 Kg/cm^2
Presión de aire mínima	3,5 Kg/cm^2	3,5 Kg/cm^2	3,5 Kg/cm^2
Diámetro de la manguera	19 a 25 mm.	25 a 32 mm.	32 a 38 mm.
Ciclo de carga medio, en segundos	6	7	8
Capacidad del cangilón	0,12 a 0,17 m^3	0.21 a 0,28 m^3	0,38 m^3
Capacidad de carga en m^3 minuto	0,56 a 1 m^3/minu.	1 a 1,4 m^3/minu.	1 a 2,8 m^3/minu.
Capacidad del vagón conveniente	0,3 a 1,4 m^3	0,56 a 2,8 m^3	
Peso total	1.905 Kgs.	3.356 Kgs.	7.166 Kgs.
Consumo de aire comprimido	1,9 a 2.8 m^3/minn.	2,8 a 4,2 m^3/minn.	5,6 a 8,5 m^3/minn.

Las casas constructoras de palas recomiendan hasta secciones de 7 m^2 el empleo de la pequeña, de 7 a 12 m^2 la mediana y de 12 m^2 en adelante la grande.

Sin embargo, hemos comprobado que la mediana, con sección de 6 m^2, trabaja muy bien, y el rendimiento es el 50 % mayor que el de la pequeña.

Como aplicación en conjunto de estas máquinas modernas, vamos a describir detalladamente el avance de dos labores, una con sección de 5 m^2, y la otra, con 12 m^2, similares a las galerías de vía sencilla y doble empleadas en minas de carbón.

GALERÍA DE AVANCE EN GRANITO PERFORADA POR EL CONTRATISTA SR. VERDIER EN EL TÉRMINO DE TARASCÓN S/ARIEGE

SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Se trata de una galería emboquillada a 1.250 metros de altura sobre el nivel del mar, a 20 Km. del pueblo de Tarascón S/Ariege, en la zona del Pirineo francés, que linda con Andorra y aproximadamente en el meridiano de La Seo de Urgel.

CARACTERÍSTICAS DE LA LABOR

La galería tendrá 3 Km. de longitud, y tiene por objeto servir de conducción de agua para un salto de 500 metros de altura que tiene proyectado la Sociedad Francesa de Electricidad.

Esta labor es ejecutada por el contratista Sr. Verdier, y es atacada por ambos lados simultáneamente.

La sección de la galería es de 5 m^2 y la roca atravesada, en su totalidad granito, fuerte, en general, y las menos veces descompuesto, de gran poder abrasivo.

Por ser roca fuerte va toda ella sin entibar y únicamente en algunos tramos falsos está fortificada con madera de roble, de la que abunda en las cercanías, ya que la boca-mina está emboquillada en un bosque de roble y haya.

Por el lado sur hay un kilómetro de longitud desde la boca-mina al frente y se lleva una cuneta por el lado derecho, bastante profunda, para la evacuación del agua.

El carril empleado es de 15 Kgs. por metro, y el ancho de vía es de 600 m/m.

ELEMENTOS DE QUE DISPONE

PERFORACIÓN

Jumbo Verdier, de cuatro martillos montados por parejas en dos niveles diferentes y movidos a mano por medio de husillos fijos a los montantes.

Los martillos son Montabert, de 25 Kgs. de peso cada uno, montados sobre deslizaderas de dos metros de longitud, de avance automático a través del husillo de la deslizadera por medio de motor de aire comprimido.

Los martillos son de inyección de agua. Ésta se hace por medio de un depósito y con la ayuda de la presión del aire comprimido para asegurar la inyección.

Las barrenas empleadas son «Coromant» mono-bloque, con boca de carburo de tunsgteno en bisel, de acero hexagonal hueco de 25 m/m, de diámetro al plano.

Las mangueras empleadas son de 19 m/m. para la alimentación de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

aire a los martillos y de 15 m/m. para la inyección de agua. La de alimentación del «jumbo» es de 30 m/m.

EXPLOSIVOS

El explosivo empleado es dinamita del 48 % de nitro-glicerina, y el resto, en su mayor parte, nitrato amónico.

Los detonadores empleados son eléctricos, con mecha de retardo, por ser la pega eléctrica en su totalidad.

El explosor es una dínamo de mano.

VENTILACIÓN

La ventilación está asegurada por un ventilador aspirante situado en la boca-mina, accionado por un motor eléctrico de 45 HP., que aspira el aire por medio de una tubería de 400 m/m. de diámetro, que llega hasta unos 40 metros del frente. Un ventilador auxiliar de aire comprimido situado a 50 metros del frente impele el aire a través de una tubería de 250 m/m. de diámetro que llega hasta el mismo frente, para empujar los gases hacia atrás, y que puedan ser aspirados por la tubería de 400 m/m. del ventilador principal.

CARGA

Para la carga del escombro dispone de una cargadora «Eimco» modelo 21, cuyas características principales son las siguientes:

Anchura exterior	851 m/m.
Longitud (cangilón subido)	1.270 m/m.
Longitud (cangilón bajado)	2.057 m/m.
Altura (cangilón subido)	2.388 m/m.
Ancho de vía	600 m/m.
Capacidad del cangilón	0.21 a 0.28 m^3
Capacidad de cargue en m^3/minuto	1 a 1,40 m^3
Peso total	3.356 Kgs.
Consumo de aire comprimido	2,8 a 4,2 m^3/minuto
Diámetro de la manguera de alimentación	32 m/m.

La longitud de la manguera de alimentación es de 25 a 30 metros, con objeto de que colocada la toma a esa distancia del frente tenga un movimiento de traslación total de 50 a 60 metros desde el frente hasta el cambio.

PRODUCCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

La producción de aire comprimido está asegurada por dos compresores de 100 HP. cada uno; el primero, refrigerado con agua, y el segundo, refrigerado con aire.

El transporte del aire se hace hasta el frente por una tubería de 125 m/m. de diámetro, colocada en el suelo y en cuyas juntas de modelo americano no se apreciaba ninguna fuga.

La presión en el frente de trabajo es próximamente de 5 a 5,5 kilogramos por cm^2.

CARGA DE ESCOMBROS Y TRANSPORTE

El escombro es cargado por medio de la pala mecánica en vagones de 1.200 litros de capacidad de caja larga, baja y estrecha.

El arrastre de estos vagones a lo largo de la galería y por el ramal exterior hasta el basculador lateral de la escombrera, se hace con una locomotora de aceite pesado de 5 Tm. de peso.

TALLER DE REPARACIONES

En el exterior hay un pequeño taller para las reparaciones de todo el material en servicio, muy necesario por estar la labor muy distante de talleres medianamente dotados.

PABELLONES PARA OBREROS

Los pabellones para dormitorios del personal subalterno y obrero, oficinas, comedores, cocinas..., etc., están situados 150 metros más bajos que la boca-mina y precisamente al lado de la carretera.

ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

El avance del transversal se hace a tres relevos. Cada relevo está formado por un encabezado o vigilante y cuatro barrenistas.

PERFORACIÓN

Previamente el vigilante marca la pega que se ha de realizar, que es del orden de 20 a 22 tiros, cuyo largo máximo es de 1,20 metros en el sentido horizontal.

Aquélla se hace con un cuele corto de salida y otro circunscrito al anterior, de la longitud total de la pega y a continuación las zapateras, rastreras y coronas.

La puesta en estación del «jumbo», que se transporta a mano desde el cambio situado 100 metros más atrás del frente, hasta que empiezan a barrenar los cuatro martillos, dura quince minutos.

La duración del barrenado es próximamente de hora y cuarto a hora y media.

El consumo de barrenas «Coromant» es de una por cada 150 metros de taladro, o sea, una por cada seis metros de avance en este caso.

Al mismo tiempo que se retira el «jumbo» al cambio de nuevo, el vigilante va cargando los barrenos y haciendo los empalmes de los cables de los detonadores.

PEGA Y LIMPIEZA DE HUMOS

La pega se hace eléctricamente en su totalidad, empleando los ya mencionados detonadores de retardo y por medio de una dínamo portátil.

El consumo de dinamita es variable, ya que la dureza de la roca no es la misma en todo el transversal; pero muy aproximadamente puede calcularse una media de dos Kgs. de dinamita por m^3 arrancado, lo que equivale a 10 Kgs. por metro de avance en la labor.

La limpieza de los humos en el frente se hace en veinte minutos próximamente, con los dos ventiladores en marcha.

CARGA DEL ESCOMBRO

La carga del escombro se hace por medio de la pala cargadora «Eimco», modelo 21, maniobrada por el mismo equipo de perforación, y el escombro producido por el metro a 1,1 de avance se carga en hora y media.

La maniobra de llevar el vagón cargado al cambio y coger el vacío lo hace la misma pala, con un movimiento de trasla-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ción, ya que para ello está dotada de una manguera de alimentación de 25 a 30 metros de longitud, que le permite un desplazamiento de 50 a 60 metros.

Para que el rendimiento de la pala sea óptimo es absolutamente necesario que el vacío depositado en el cambio cubra con exceso el volumen de escombro que se cargue.

De este servicio, así como de sacar el cargado al exterior, es responsable el maquinista de la locomotora de aceite pesado, que por no tener otro trabajo cumple su cometido a la perfección.

Vemos, pues, que la duración de un ciclo, cuyo avance es de un metro a 1,10 metros, es próximamente de tres horas y media, por lo que cada relevo da dos pegas con amplitud en la jornada.

Ahora bien, como el número de relevos es de tres por día, el avance diario es de 6 a 6,60 metros. Lo que da un avance mensual por encima de los 150 metros, y aún esta cifra siempre rebasada, pues la prima de avance de los equipos no la perciben si no superan dicha cifra, y según informes del Sr. Verdier no se han quedado ningún mes sin ella.

Los equipos, a pesar de estar compuestos por obreros de diferentes nacionalidades, franceses, polacos, italianos, españoles, alemanes y portugueses, dan la sensación de estar muy compenetrados y enterados y de ser más mecánicos que mineros.

Según informes recogidos del contratista, en cada relevo uno de los barrenistas sabe colocar madera y es el encargado de hacerlo en caso de necesidad, así como de escombrar el frente antes de cargar con la pala.

PERFORACIÓN DE UNA GALERÍA EN LA PRESA DE LA «LUZÈGE» CON EQUIPO MODERNO EN TODAS SUS FASES

PERFORACIÓN DE LA GALERÍA DE DERIVACIÓN

El objeto de la presa de la «Luzège» no es alimentar directamente una fábrica hidroeléctrica, sino crear una reserva de tres millones de metros cúbicos, captando las aguas de la «Luzège» y del «Vianon», para verterlas en el embalse de la presa de la «Aigle». Una galería de derivación de 6.100 metros de longitud, de 12 m² de sección, no revestida salvo en los tramos falsos, pone en comunicación los dos lagos artificiales.

Recordemos que la presa de la «Aigle» forma parte del conjunto de saltos del valle alto del «Dordorne», que comprende, entre otros, los de «Bor», «Maneges» y «Chantang». Una vez completado este conjunto producirá más de dos mil millones de Kw/h. por año.

La presa de la «Luzège», de tipo de bóveda delgada, presenta las características siguientes: altura, 40 metros; desarrollo de la coronación, 100,50 metros; espesor en la coronación, 2 metros; espesor en la base, 5,30 metros; longitud del aliviadero, 48 metros; espesor máximo de la lámina, 3,50 metros; gasto máximo evacuado, 600 metros cúbicos/segundo; volumen del embalse, 3.000.000 de metros cúbicos.

En el estudio que se describe a continuación, se relata con todo detalle la perforación de la galería.

Este trabajo es particularmente interesante porque, por primera vez en Francia, se han puesto en práctica los nuevos procedimientos americanos, que consisten en la mecanización de todas las operaciones de perforación (utilización del «jumbo»), avance a plena sección, etc. Todos estos medios han permitido acortar la galería en 300 metros, suprimiendo los pozos intermedios, adoptando un trazado perfectamente rectilíneo y, por último, franquear la galería a velocidad de avance jamás lograda hasta la fecha.

* * *

Es aproximadamente en el año 1930 cuando se pone en práctica la mecanización total de todas las operaciones elementales de perforación y se empiezan a ejecutar los avances con toda la sección, siempre que la naturaleza de los terrenos atravesados lo permita, para no comprometer la seguridad del personal, empleando el número de horas mínimas en la realización de un ciclo.

Gracias a este método de trabajo, las velocidades de avance pueden llegar a ser tres veces las obtenidas por los métodos clásicos practicados hasta esta época, siempre que esté preparado todo el material y que el personal esté adiestrado.

De este modo se llega a perforar galerías subterráneas sin ventanas ni pozos intermedios, o, por lo menos, que queden reducidas a un mínimo.

Con este sistema se disminuye el número de vías de acceso a los diferentes puntos de ataque, así como también el de cantinas y dormitorios de personal, y su transporte, por ser más concentrado, resulta más económico.

La concentración del personal y de los medios de trabajo en solo dos lugares, uno en cada extremo de la galería, facilita el gobierno y dirección de la obra.

Por otra parte, como el trazado no está forzado por los puntos de paso obligados (ventanas o pozos), su traza puede ser estudiada en las mejores condiciones, tanto en lo que concierne a la técnica del proyecto, como a su economía.

Los resultados obtenidos por el nuevo procedimiento de perforación eran ya conocidos en Francia antes de la guerra; pero ha sido necesaria la liberación para que el importante programa de obras subterráneas, previsto por «Electricidad de Francia», sea puesto en práctica y estudiado el interés real de su aplicación.

En estas condiciones, es cuando se decidió que la derivación de la «Luzège» en la presa de la «Aigle» serviría de tajo de prueba para la aplicación del nuevo sistema.

El proyecto primitivo consistía en una galería de 12 m² de sección sobre un recorrido sinuoso de 6.400 metros, con ataques intermedios por una ventana y un pozo, o sea, seis labores de avance.

Por haber sido suprimidos la ventana y el pozo, el recorrido quedó rectilíneo, de 6.100 metros solamente, y el trabajo se realizó únicamente en dos labores de avance, situadas en los dos extremos del túnel.

En estas condiciones han sido perforados 4.000 metros en la boca-mina de aguas abajo, y 2.100 metros en la de aguas arriba.

Los terrenos atravesados no han sido uniformes. Comprenden, en su mayor parte, gneis micáceos y granitos cuarzosos llamados «Neuvic», con riñones de cuarzo aislados en la masa. En conjunto, el terreno está bastante trastornado y se encontraron muchos accidentes geológicos, producidos por deslizamientos sobre capas arcillosas. Los corrimientos en el cielo de la galería han llegado a ser algunas veces de varios metros. Se han encontrado algunos manantiales de importancia.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

El conjunto del trabajo en cada extremo se realiza de la siguiente manera:

A medida que se avanza la labor se procede a la colocación de cuatro filas de carriles, con una separación entre sí de 600 mm.

Este conjunto constituye una vía central o dos vías laterales.

Cada ciclo comprende:

El transporte del «jumbo» por la vía central y su trabajo sobre esta misma vía.

La perforación y carga de los barrenos.

La evacuación del «jumbo» a su cochera.

La pega de los barrenos.

El transporte de la pala por la vía central.

El movimiento de los vagones vacíos y cargados, que se hace por las vías laterales.

Los transportes de materiales, carriles, traviesas, tuberías de agua y de aire comprimido, tubería de ventilación, se realizan durante la perforación de tal modo que todo esté disponible en su sitio los trabajos accesorios de colocación provisional de vía y el alargamiento de las canalizaciones, pueden ser efectuados sin transtorno en el momento de la carga del escombro. La colocación definitiva de la vía y el desplazamiento de los aparatos que constituyen las agujas se hace en domingo.

PERFORACIÓN

La perforación debe de reunir las siguientes condiciones:

Obtener con el mínimo explosivo el arranque más profundo posible, teniendo en cuenta el gálibo definitivo.

Tener preparado, antes de comenzar la fase siguiente, un frente de tajo perpendicular a la dirección de la galería.

Evitar en el momento de la explosión la proyección a distancia de los trozos de roca.

Para cumplir estas condiciones, la forma de dar la pega debe de ser cuidadosamente estudiada y aplicada a continuación con la máxima precisión. Sólo el jefe de equipo está facultado para adoptar las modificaciones que estime oportunas, teniendo en cuenta los incidentes que puedan presentarse, irregularidades del frente al empezar, inclinación de las fallas, etc.

En el caso particular de la galería de la «Luzége», donde el terreno encontrado es muy irregular y donde las fallas son frecuentes e imprevisibles, la forma de la pega ha tenido que ser bastante elástica para ser adaptada a cada avance. Comprende cuatro barrenos de pre-cuele de 1,50 metros próximamente, cuatro a seis barrenos de cuele de 3,80 metros, diez barrenos de arranque de 3 metros y otros diez entre zapateras y coronas de 3 metros. Con esta pega se han obtenido avances de 2,20 a 2,50 metros en terrenos medianamente duros, y de 1,70 a 1,80 metros en terrenos duros.

El jefe del equipo de avance procede personalmente a señalar los taladros que se deben perforar, e indicar al mismo tiempo su inclinación con relación al eje de la galería.

La perforación se hace por medio de seis martillos D. A. 35 Ingersoll, del tipo usado en Obras Públicas, con deslizadera de tres pies de longitud, provistas de centradoras de barrenas.

La revisión de los martillos se hace cambiándolos con los que hay en el taller de la boca-mina. Por lo tanto, es necesario tener, como mínimo, un número de martillos doble de los que hay trabajando.

Los seis martillos en servicio están fijados al «jumbo».

Este aparato está constituído por una viga-cajón de 70 cm. de altura y unos seis metros de longitud. Esta viga descansa por intermedio de un bastidor construído con perfiles, sobre carrillos de cuatro ruedas cada uno. En la parte delantera de esta viga lleva un voladizo de 1,50 metros sobre el primer carrillo, y en él un cuadro rectangular vertical de tubos de 102 m/m. de diámetro. Sobre este cuadro están fijados los brazos y las columnas destinadas a recibir los soportes de las deslizaderas de seis perforadores D. A. 35.

En la parte superior de este bastidor y hacia adelante, están igualmente fijados los tableros laterales, que pueden ser colocados en posición horizontal, y sirven así de andamio o son rebatidos verticalmente en la posición de transporte. El conjunto está concebido de tal modo que cuando el «Jumbo» se desplaza plegando sus columnas y plataformas, su gálibo máximo medido con relación a los carriles es aproximadamente 1,25 metros de ancho por 1,90 metros de altura.

La distribución de aire comprimido se hace por una canalización de 80 m/m. que pasa al interior del bastidor, y en ella está previsto el poder alimentar, además de los seis perforadores principales, un cierto número de perforadores de mano, de «Stophamers», de martillos picadores y de agujas destinadas a la limpieza de los taladros.

En los dos extremos del bastidor están colocados los engrasadores automáticos del D. A. 35. Una canalización de tubos de 40 m/m. asegura igualmente la distribución del agua a presión en los martillos perforadores.

En el interior de la viga-cajón está colocado el depósito de aire comprimido que tiene el dispositivo para la evacuación del agua de condensación y el pequeño depósito donde están colocados los «jackbits», clasificados por sus diferentes diámetros. Encima de la plataforma hay una serie de departamentos que sirven para guardar las barrenas clasificadas por su longitud. Cuando el «Jumbo» está en posición de trabajo, las canalizaciones de aire comprimido y de agua están unidas a las canalizaciones fijas de las tuberías de la galería por medio de mangueras, cuyos extremos están provistos de empalmes de paso rápido.

El conjunto del «jumbo» preparado para trabajar pesa 7 Tm. y está calculado para asegurarle perfecta estabilidad, tanto durante el transcurso de la operación, como durante su transporte.

Cuando está estacionado en la cochera es cuando se procede a la revisión y prueba en vacío de los martillos. Se comprueba si las barrenas están torcidas, si la enmangaduras o las roscas presentan defectos, para en este caso ser enviadas a los talleres de forja para su reparación, si ésta es posible, y ser reemplazadas por otras nuevas o reparadas. A continuación se clasifican por su longitud, provistas del «jackbit» correspondiente y son colocadas en los cajones que hay encima de la plataforma del «jumbo».

El aprovisionamiento de bocas de 51 m/m. de diámetro no ha podido ser asegurado con regularidad, y el escalonamiento ha sido el siguiente:

Barrenas de	1.20	metros.	«Jackbit» de	48 m/m.
» »	1,80	»	» »	46 »
» »	2,40	»	» »	44 »
» »	3,00	»	» »	42 »

Teniendo en cuenta la dureza de la roca, el escalonamiento debería de haber sido 51, 48, 45, 42.

El agua de inyección de los martillos perforadores, procede de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

manantiales captados en el exterior de la galería; la presión de inyección es ligeramente inferior a la del aire comprimido. Los elementos de la canalización de 40 a 49 m/m. están unidos por acoplamientos de rosca ordinaria. Durante la marcha de los martillos la expansión del aire comprimido y la pulverización del agua de inyección crean una niebla opaca y es necesario tener previsto en el frente del tajo un alumbrado potente por medio de proyectores eléctricos y electro-neumáticos.

Los obreros que trabajan en el «jumbo» están todos equipados con trajes impermeables; el uso del casco es obligatorio. Todo está estudiado para que las maniobras queden reducidas al mínimo, ya que prácticamente el personal no tiene ningún desplazamiento que hacer durante la fase de la perforación.

Un equipo compuesto por un barrenista y un ayudante está afecto a cada martillo. Estos obreros son los que cambian las barrenas usadas por otras nuevas y reemplazan las bocas.

Una función nueva ha sido creada: el mecánico del «jumbo». Vigila durante la perforación la buena marcha de éste y hace la revisión cuando se encuentra en la cochera.

Durante el mismo tiempo un electricista inspecciona y repara, si hay necesidad, la línea para dar fuego entre el frente y el nicho de protección donde están instalados los aparatos de gobierno.

CARGA DE LOS BARRENOS

Una vez terminada la perforación se procede a la carga de los barrenos, empezando por los taladros de la parte alta de la galería; se utiliza como andamio el mismo «Jumbo». A continuación ése es retirado a su cochera y, mientras tanto, cargan los barrenos de la parte baja y los de cuele.

Para evitar manipulaciones peligrosas en el interior de la galería, los cartuchos cebados son preparados en el exterior en un local especial. El número del retardo está cuidadosamente marcado en los hilos, de tal forma que no hay posibilidad de error a la hora de cargar los barrenos.

El jefe del equipo es el encargado de hacer los empalmes de los diferentes hilos entre sí y de su unión con la línea principal. Los obreros van retirándose del frente de trabajo, a medida que van terminando la labor que tenían encomendada. El jefe del equipo se retira el último y va a la cámara de tiro, para comprobar el circuito por medio de un óhmetro. Si el resultado es satisfactorio, él mismo empalma la línea con el explosor y procede a dar fuego.

Los explosivos empleados son la goma B. A. M. y la tolamita. Se consume aproximadamente la misma cantidad de cada uno en cada pega y se utiliza el primero en mayor proporción en los barrenos del cuele.

Es necesario vigilar con cuidado la cantidad de explosivo introducido en cada barreno, pues no se trata de atacar hasta la boca, tendencia equivocada de los mineros, ya que se corre el riesgo de producir grandes conos de arranque que desataquen los barrenos próximos con retardos posteriores.

Debido a la naturaleza del terreno, no ha sido posible substituir los cueles por los «Burn-cut», pues estos últimos, para ser verdaderamente eficaces, deben estar formados por una serie de barrenos bien paralelos, perforados sobre una superficie de algunos decímetros cuadrados. Esta operación no puede realizarse más que en terreno homogéneo y que no tenga transtornos de importancia, para evitar la desviación de los taladros.

La regulación en el arranque de la roca, ha sido mejorada con el empleo de retardos diferentes, aun en los barrenos del mismo cuele. Se estima que, siempre que sea posible, se deben de escalonar los retardos de dos en dos tiros cada vez, para discernir mejor con el oído lo que sucede en el momento de la explosión e incrementar entre el personal la impresión de seguridad.

CARGUE DEL ESCOMBRO

La cantidad de escombro arrancado por la pega es del orden de 40 m³, y la carga del mismo a los vagones ha sido hecha con palas «Eimco 21 D». Durante la fase de perforación la pala es retirada del frente, y su conductor se encarga de la conservación y los engrases.

Se coloca en la vía central enganchada a una locomotora y se tiene así preparada para ser remolcada hasta el frente, algunos minutos antes de dar fuego. Después de la explosión, cuando la ventilación permite llegar hasta el frente (quinte o veinte minutos), la pala es colocada en su punto de trabajo, luego de apartado los bloques de piedra que se encontraban en la vía impidiendo el paso.

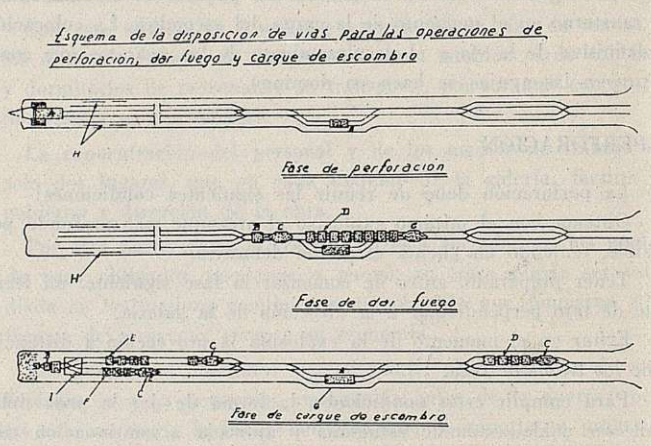


Fig. 6

En estas condiciones, se empieza a cargar los vagones vacíos depositados en la vía de la derecha. Después de cargados los vagones, son empujados por la misma pala a la vía del lado izquierdo, donde se va formando el tren cargado para ser arrastrado al exterior.

La carga del vagón con la pala se hace rápidamente y sin dificultad.

Por el contrario, el movimiento de los vagones vacíos y cargados es operación delicada y es, prácticamente, de ella de donde depende el rendimiento del tajo.

La sección de la galería de la «Luzége» no ha permitido emplear ninguna máquina de las que existen corrientemente en servicio en Estados Unidos, tales como el transbordador lateral, tapiz californiano, «Cherry picker», etc.

Fué construída una especie de aguja irreversible, que permite el paso de los vagones vacíos del lado derecho a la vía central, detrás de la pala, y, a continuación, el paso de los vagones cargados a la vía del lado izquierdo.

El conjunto de esta aguja está constituído por cuatro elementos montados sobre chapas de 12 m/m. Cada elemento pesa alrede-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

dor de 120 Kgs. En la cara inferior de estas chapas lleva unos tacos con abrazadera que acuña en los carriles, de tal forma colocadas sobre los cuatro carriles de las vías que puede montarse el aparato en un punto cualquiera del recorrido.

Para liberar la vía central, los cuatro elementos que componen la aguja se colocan verticales a lo largo de la pared de la galería, operación en la que invierten de dos a tres minutos cuatro hombres. El montaje de nuevo no dura mucho más tiempo con un personal bien adiestrado. El tiempo que se invierte en el cambio de un vagón cargado por otro vacío es de un minuto, próximamente. Es el único aparato de este género que puede ser montado lo más cerca posible de la pala sin hacer ningún trabajo preparatorio como, por ejemplo, nicho lateral, franqueo en el ciclo de la galería, etc., y sin tener necesidad de cortar la vía.

Veinte vagones Austin-Western de 1,900 m^3 están en servicio en cada avance, pero no pueden ser llenados en su totalidad con la pala «Eimco», sino únicamente en los 4/5 de su capacidad.

Las vías están constituídas por carriles de 26 Kgs. metro, sujetos con tirafondos a traviesas de madera.

Está prevista una media luna cada 1.500 metros, y una cochera-taller en un ensanche de la galería cada 500 metros, para la pala y el «Jumbo».

En uno de estos ensanches hay siempre una pala preparada y a punto, para suplir cualquier deficiencia de la que está en servicio.

La tracción está asegurada por tractores Diesel-Ruston de 45 HP. Se han previsto cuatro máquinas para cada boca-mina; pero no hay prácticamente más que tres en servicio. El aprovisionamiento de piezas de repuesto ha sido muy irregular y no ha permitido nunca tener este material completo.

El empleo de motores Diesel, no ha causado ninguna perturbación en la ventilación de la galería. Esto ha sido debido al empleo de filtros muy activos, y también al exceso de potencia de los tractores, que no han necesitado trabajar nunca a plena carga.

VENTILACIÓN

La perforación de una galería de avance, donde la ventilación natural es nula y el fondo de saco llega a tener cada vez más longitud, necesita una ventilación artificial del frente, para asegurar a los obreros atmósfera sana durante el trabajo.

El empleo del explosivo para el arranque de la roca impone la obligación de sanear la atmósfera del frente, impurificada por los gases de la explosión, después de cada pega. Esta operación debe ser tan rápida como sea posible para reducir al mínimo el tiempo muerto que representa la interrupción, después de la pega, en el trabajo del personal de arranque.

Dos son los procedimientos para ventilar la labor.

1.º Impulsar por una tubería aire fresco del exterior al frente de ataque.

2.º Aspirar por una tubería la atmósfera próxima al frente y expulsarla al exterior.

De estos dos sistemas, el primero es más satisfactorio para la ventilación del frente durante el trabajo. Asegura una aportación de aire «fresco», empujando el aire viciado por la galería en retroceso, que se une con los humos de las locomotoras y diluídos por esta corriente, son expulsados al exterior a través de la galería.

Por el contrario, la aspiración es el medio más racional para eliminar los gases nocivos producidos por la combustión del explosivo y que, concentrados en la proximidad del frente, se diluyen muy lentamente. Permite este sistema disminuir rápidamente la proporción de gases nocivos en la atmósfera del frente y evita el inconveniente de la impulsión, que los dejaría acumularse en la galería en concentración que podría llegar a ser peligrosa.

El doble objeto de conseguir que el personal trabaje en buenas condiciones y reducir al mínimo los tiempos muertos, conduce a la adopción de una ventilación que permita el empleo alterno de los dos procedimientos.

La impulsión es el régimen normal, que asegura la ventilación del frente por aportación del aire fresco impulsado del exterior. Esta ventilación es cortada por breves períodos de aspiración (de diez a veinte minutos) después de cada pega para la extracción de los humos de la explosión, por aspiración directa de la zona del frente.

RED DE VENTILACIÓN ADOPTADA

La constitución del equipo ha sido determinada por las siguientes consideraciones:

A pesar de la gran longitud (3.200 metros), por razón de homogeneidad y de unidad de mando, se ha prescindido de la colocación de ventiladores en serie a lo largo de la galería, y se ha decidido que la ventilación sea única y situada en la boca-mina.

Por economía se emplea la misma tubería para la circulación del aire en los dos sentidos.

El diámetro de la tubería ha sido el máximo compatible con el gálibo de la galería, para reducir la pérdida de carga por metro.

Para reducir el número de juntas (generadores de fugas) se ha dado a cada elemento la máxima longitud compatible con las condiciones de transporte y colocación.

Las juntas empleadas hacen un ajuste perfecto, y su colocación es muy fácil.

GASTOS DE AIRE PREVISTOS

Para una canalización de 3.200 metros, gasto de 2 m^3/segundo en la impulsión, y 3 m^3/segundo en la aspiración.

La impulsión asegura así 120 m^3/minuto de aire fresco en el frente, o sea, 10 m^3 por obrero y minuto, un desplazamiento de la columna de aire en la galería de 10 metros por minuto y renovación completa de la atmósfera de la galería en toda su longitud cada seis horas. En diez minutos que funcione la aspiración, evacuará un volumen de aire de 1.800 m^3, correspondiendo a un trozo de aire en la galería de 150 metros de longitud y aproximadamente 30 veces el volumen de gases desarrollados por la explosión de 100 Kgs. de dinamita.

MATERIAL

El equipo que satisfizo a las exigencias anteriores, fué construído por la casa «Tunzini», y consiste en lo siguiente:

Una estación de ventilación que consta de:

Un ventilador centrífugo aspirante de 65 HP.

Un ventilador centrífugo impelente de 40 HP.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Registros para cambiar a voluntad la aspiración o la impulsión por la tubería.

Válvulas que permiten regular el gaso, teniendo en cuenta la variación constante de la longitud de la tubería.

TUBERÍA

Diámetro interior de la misma, 600 m/m.

450 elementos de 7 metros de longitud de chapa negra soldada de 20/10; cada tubo pesa, próximamente, 200 Kgs.

Junta de tipo especial de embutir, donde el ajuste está asegurado por un anillo de goma, acuñado entre los dos tubos.

Soportes de hierro redondo de 30 m/m. de diámetro, colocados cada tres metros y sujetos al costado de la galería.

LA PRÁCTICA

La ventilación ha sido satisfactoria en conjunto y ha respondido a lo que de ella se esperaba. Ha sido factor importante en el rendimiento en el trabajo para obtener un buen avance y la reducción al mínimo de la duración del período de perforación.

Para su empleo se ha procedido siempre por tanteos, para obtener el mejor rendimiento, y la experiencia ha permitido añadir ciertas observaciones prácticas a los datos técnicos.

1.º La unión entre dos elementos sucesivos ha sido considerada como demasiado rígida. La colocación en alineación recta de una tubería, en una galería, tiene que ser imperfecta, y estas irregularidades en la alineación son la causa de las fugas. Ha sido preciso, en muchos casos, para prevenir este defecto, completar la junta con una cinta de goma ajustada sobre el collar y prevenir la fuga vigilando su mejor alineación. A pesar de todo, la pérdida real por fugas fué superior a la que se había previsto en la fábrica.

2.º La eliminación de los gases de la explosión no ha podido hacerse tan rápidamente como se esperaba. La aspiración limpiaba bien la zona próxima a la salida de la tubería, pero situada forzosamente a distancia bastante grande del frente (20 a 30 metros), el fondo de saco se escapaba en gran proporción a su acción y el aire permanecía mucho tiempo irrespirable, produciendo una larga interrupción en el trabajo.

El remedio encontrado fué no hacer trabajar la aspiración más que después de una impulsión previa de algunos minutos.

Esto tiene por objeto remover la atmósfera del fondo de saco y disminuir la concentración de los gases procedentes de la explosión, haciendo retroceder el aire de la galería, donde la aspiración puede captarlos con eficacia.

La experiencia ha demostrado también que, siempre por el mismo motivo, no es útil tener en marcha la aspiración demasiado tiempo. Cuando el frente se ha hecho normalmente accesible es preferible restablecer la impulsión para terminar de limpiarlo. Los restos de los gases son eliminados del lugar de trabajo y se diluyen rápidamente en la galería, donde su concentración llega a ser despreciable.

La economía de tiempo que representa la combinación de los dos procedimientos, se traduce en disminución sensible del tiempo muerto, que puede bajar desde veinticinco a treinta minutos, a diez o quince solamente.

MEDICIONES

Esta labor subterránea ha sido un buen lugar para experimentos. Se han tomado varias veces los gastos reales en la ventilación, para confrontarlos con los obtenidos por el cálculo, y asimismo comprobar por el análisis la composición de la atmósfera de la galería.

Las últimas medidas habían dado, para longitud de tubería de 2.600 metros de longitud, los resulados indicados en el cuadro adjunto.

Mediciones del gasto

	Gasto a la entrada	Gasto útil	Pérdida
Con aspiración...	3,36 m³/seg.	2,83 m³/seg.	0,53 m³/seg.
Con impulsión	2,20 »	1,80 »	0,40 »

Esta ventilación, aun satisfactoria, prueba, según los datos del cuadro anterior, la importancia de las fugas.

Por iniciativa del Servicio de Seguridad de E. D. F., la estación de ensayos de Montluçon de las Hulleras de Francia ha procedido a hacer un estudio comparativo de la composición del aire después de la explosión y su evolución con el tiempo, sin ventilación.

De estos resultados se ha hecho una memoria para los servicios interesados; pero solamente vamos a considerar los más importantes.

Con 3 Kgs. de explosivo por m² de sección de galería, la proporción de CO en la zona afectada es del orden del 1 %, y la longitud de esta zona a partir del frente es de 60 metros aproximadamente, y puede llegar hasta los 100 metros.

A los diez o quince minutos de aspiración, baja la proporción de CO a 0,40 %, que resulta todavía peligrosa en fondo de saco.

La impulsión baja esta cifra a menos de 2/10.000 en pocos minutos, y se puede trabajar en el frente sin el menor peligro.

Este equipo ha sido, pues, satisfactorio, ya que se ha logrado que el personal trabaje en buenas condiciones y, al mismo tiempo, ha permitido reducir los tiempos muertos a cifras aceptables, lo que demuestra que se estudió bien y se aplicó de modo acertado.

EMPLEO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL INTERIOR

Por disponerse en la boca-mina de la galería de corriente trifásica utilizable a 3.000 voltios o a 220 voltios, esta energía es empleada en diversos fines.

Se utiliza para proporcionar la energía necesaria a los compresores y ventiladores, situados a la entrada de la galería.

En el interior se emplea para el alumbrado de la galería desde la entrada hasta el frente de ataque. Proporciona la energía a la cargadora B. K. 2.000 cuando tiene que substituir a la cargadora «Eimco» de aire comprimido.

Esta instalación, concebida y realizada antes de la aparición de los decretos del 24 de julio de 1947 y la publicación U. E. S. 426, satisface a las más recientes prescripciones reglamentarias.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ALUMBRADO

Una de las prescripciones más importantes es que, para el alumbrado con lámparas portátiles o con lámparas fijas accesibles aunque sólo sea accidentalmente (por ser sección reducida 10-12 m²), la tensión de seguridad admitida es de 24/27 voltios.

El alumbrado del avance está asegurado por una línea movible y un grupo de portátiles que se retira a cada pega.

A medida que progresa el avance se substituye este alumbrado por una línea fija que alimenta una lámpara de 25 a 40 watios cada diez metros.

El transporte de la energía se hace a tensión bastante alta, para reducir a un mínimo aceptable las pérdidas de carga.

Estas consideraciones han inducido a adoptar el dispositivo siguiente:

La galería ha sido dividida en trozos de 1.500 metros. En la cabeza de cada trozo hay un transformador de 3.000/430 V. de 10 KVA. que alimenta un alimentador de tres hilos colocados en toda la longitud de los 1.500 metros.

Cada 100 metros está colocado un transformador 400/24 V. de 0,5 KVA. que alimenta diez lámparas de alumbrado fijo. El transformador más próximo al avance es el que alimenta el alumbrado móvil.

La alimentación de los transformadores 3.000/430 colocados a los 1.500, 3.000, etc., está asegurada a 3.000 voltios por un cable armado de tres conductores.

ALIMENTACIÓN DE LA CARGADORA

Este dispositivo no había sido previsto y su instalación se hizo cuando el avance de la labor había rebasado los 1.500 metros; pero no llegó a trabajar, ya que toda la labor de carga hasta la total perforación se hizo con las palas «Eimco», de aire comprimido.

La corriente fué transportada a 3.000 voltios, en cable armado, hasta la garita blindada de un transformador de 3.000/380, de 56 KVA. A continuación, se transporta desde la garita hasta una arqueta por medio de tres hilos semi-fijos.

De la arqueta parte un cable flexible de 100 metros, que alimenta la cargadora, de modo que se le dé suficiente amplitud de desplazamiento. A medida que se avanza, se desplaza la arqueta de toma y se alarga la línea semi-fija, hasta los 500 metros de la cabina.

Se desplaza esta garita cada 500 metros y se coloca, a su vez, un nuevo trozo de cable armado de 500 metros.

El cable armado sirve al mismo tiempo para la alimentación de la garita de la pala y para el transformador del alumbrado.

PUESTAS A TIERRA

Uno de los puntos más importantes de las nuevas prescripciones es la de colocar puestas a tierra suficientes en todos los aparatos eléctricos.

Los ensayos hechos para colocar buenas tomas de tierra en la galería, en la proximidad de cada aparato, han dado mal resultado, debido a la naturaleza rocosa del terreno y ha sido preciso, para resolverlo, construir dos tomas en el exterior, una para la baja tensión (400/380 V.) y otra para la alta tensión (3.000 V.).

La masa de cada aparato está unida a un alimentador colocado a todo lo largo de la galería y unido en la entrada a la toma de tierra de baja tensión.

La masa de los aparatos de alta tensión está unida a la masa del cable armado y ambas unidas a la toma de tierra exterior.

El esquema del conjunto de las instalaciones eléctricas en el interior (dibujo que se adjunta, fig. 7), muestra la complejidad técnica de los problemas que acarrea el empleo de la energía eléctrica en las perforaciones interiores a larga distancia de una galería en roca, en las que a consecuencia del alargamiento continuado de las líneas, del desplazamiento continuo del punto de empleo, de la distancia a la cual debe, finalmente, transportar la energía eléctrica y de las precauciones que exige la seguridad del empleo de la electricidad en una galería donde la sección es relativamente pequeña (12 m²) con todos los aparatos al alcance del personal.



Fig. 7

TALLER ESPECIAL

La herramienta especial de perforación se compone de bocas Ingersoll y barrena porta-bocas.

El afilado de las bocas y la fabricación de las barrenas, que llevan la rosca en un extremo y una espiga con dos orejas en el otro, es efectuado por máquinas-herramientas que están agrupadas en un taller.

El afilado de las bocas es realizado en frío por medio de un amoldado en una muela especial en bisel.

Las bocas son clasificadas con arreglo a su diámetro.

La preparación de las barrenas (previamente cortadas de la longitud deseada, por medio de una sierra) es efectuada por medio de un forjado en una aguzadora «Leyner», provista de matrices para la enmangadura y la rosca.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Este taller, en el que trabajan una docena de obreros, repara hasta 5.000 bocas al mes, y puede preparar hasta mil barrenas en el mismo tiempo.

RESULTADOS OBTENIDOS

Hay, indudablemente, una profunda oposición entre las condiciones de trabajo para perforar una galería por el antiguo método clásico y el nuevo, mecanizado al máximo.

En el primer caso, nos encontramos al perfecto minero, casi artesano, orgulloso de su obra individual, ya que puede ejecutar él mismo toda clase de trabajos en cualquier circunstancia. Sabe pasar un crucero y colocar la entibación, y conoce su oficio a la perfeción.

En cambio, en el segundo caso, nos encontramos un equipo fuertemente unido, que trabaja a ritmo impuesto por las máquinas. En este equipo todos forman un conjunto. El resultado obtenido incumbe al equipo y no al individuo.

Esto no se ha conseguido sin dificultad. Ha sido necesaria mucha paciencia para hacer comprender a cada uno su misión en el equipo.

El empleo de un material perfecto para la perforación y la organización, reducen los incidentes en el transcurso del trabajo, incrementando la confianza en todos.

Los resultados son concluyentes. Después de varios meses de trabajo, el ritmo diario de avance en la boca-mina de aguas abajo *ha sido de los 10 metro diarios*, en la *mejor semana la media ha pasado de los 11 metros*, y en el día *que se obtuvo mejor avance, fué este de 14 metros.*

A pesar de la mecanización, la máquina no ha substituído al hombre, y cada uno debe de estar orgulloso de su misión.

Todo esto ha podido ser logrado gracias a la unión y confianza que ha reinado entre todos, obreros, encargados de equipo e ingenieros, que ha permitido llevar bien la obra.

Como dato curioso, vamos a mencionar, aunque sea ligeramente, el avance máximo obtenido hasta el día de hoy en Estados Unidos.

NUEVA MARCA CONSEGUIDA EN LA PERFORACIÓN DE TÚNELES EN CALIFORNIA

George Foster, con su equipo, superó la marca establecida por día y mes en el túnel Owens Gorge, en la proximidad de Bichop (California).

La marca máxima, hasta esta fecha, era la obtenida en el túnel Carlton, en Cripple Creek (Colorado), en el año 1940.

Los datos comparativos, en metros, son los siguientes:

	Carlton	Owens Gorge
En 8 horas	8,22 metros	12,49 metros
En 24 horas	22,55 »	31,69 »
En 31 días	572,71 »	744,32 »

Este avance se obtuvo en el frente norte del túnel núm. 1, que es uno de los seis frentes establecidos. El avance conseguido fué logrado en 31 días de trabajo, desde el 24 de octubre al 2 de diciembre, y durante este tiempo, no se trabajó ni los sábados por la tarde, ni los domingos.

La nueva marca obtenida por relevo y día fué conseguida el día 25 de octubre.

Este avance superó el establecido previamente en el túnel número 3, durante 31 días de trabajo, etapa que había finalizado el día 1.º de octubre y en el cual los avances conseguidos habían sido de 9,44 metros por relevo. 25,90 metros por día y 671,77 en un mes, los cuales ya eran superiores a los obtenidos en el túnel Carlton.

Todos los barrenos fueron perforados por «Jumbos», dotados cada uno de ellos con 5 martillos Ingersoll-Rand D. A. 35, montados sobre corredera de aluminio de 1,20 metros de longitud y con avanzador automático.

En el túnel Carlton fué usado el mismo martillo.

El proyecto comprendía 17.063 metros de túneles, divididos en cinco frentes. Cuatro de éstos con muy poca pendiente y uno más corto, de 213 metros, con inclinación de 45º.

El túnel núm. 1 tenía 9.323 metros y fué atacado simultáneamente por los dos extremos.

Los longitudes que precisaba franquear en cada uno de los restantes y emboquillados por uno solo de los extramuros, fueron de 3.459 metros, 3.444 metros y 623 metros.

El avance obtenido hasta junio había sido mucho menor.

Los túneles están situados a unas 300 millas al noroeste de los Ángeles, en una altiplanicie volcánica próxima a la Sierra Nevada.

La roca más corriente era riolita rosada, con pequeñas cantidades de cenizas volcánicas y andesita.

La sección del túnel, en su parte inferior, era próximamente de 3,50 de ancho en buen terreno, y de 3,73 metros cuando el terreno exigía ser entibado con cuadros metálicos.

El consumo de dinamita por m^3 de roca arrancada fué de 1,70 Kgs.

Estos túneles han sido construídos para el departamento de Agua y Fuerza (Ciudad de los Ángeles) por Ovens Tunnel (contratistas), que es una Compañía formada por la unión de cuatro contratistas del Occidente.

EL PROBLEMA DE LA PERFORACIÓN EN ROCA EN LAS MINAS ASTURIANAS

En el interior de una mina de carbón, para asegurar determinado número de talleres en producción, es necesario avanzar cada año cierto número de metros en transversal.

El ingeniero, e incluso el capataz, absorbidos por la preocupación diaria de la producción, no han tenido tiempo, ni medios, de ocuparse del porcentaje ínfimo (3 %) del personal de los trabajos en roca.

Resultado: los transversales son perforados muy lentamente y por ello es preciso atacar un gran número de ellos a la vez.

Estas labores tienen difícil acceso, por estar muy diseminadas en diferentes pisos, plantas o niveles intermedios.

Toda clase de inconvenientes surgen e impiden un trabajo conveniente, por lo que estos equipos están prácticamente abandonados a sí mismos.

Los inconvenientes mayores son:

Poca vigilancia, y de ahí, mala organización del trabajo.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Martillos perforadores mal conservados y, en muchos casos, apenas engrasados. Como consecuencia, interrupciones frecuentes.

Por no tener mangueras de repuesto, si se perfora una, la reparación hay que hacerla en la misma labor: de aquí, otra pérdida de tiempo.

Con frecuencia, barrenas en número insuficiente, lo que obliga a veces a su empleo hasta el completo desgaste, con la natural disminución en la velocidad de perforación.

El escalonamiento del diámetro de las bocas, casi nunca se hace debidamente.

La espera por la dinamita y el artillero.

La deficiente ventilación secundaria es causa de pérdida de tiempo importante, por lo lenta que resulta la evacuación de los humos.

Falta de vacío para cargar el escombro (caso muy frecuente).

Tal vez parezca este cuadro demasiado sombrío; pero, desgraciadamente, se presenta en muchísimos casos.

Un barrenista no es eficaz y no se le puede exigir rendimiento si no está bien atendido en *todas* sus necesidades.

La consecuencia de todo lo enumerado anteriormente, es que el avance medio por relevo de un barrenista y su ayudante es de 0,50 metros. Es decir, que estando la labor a un relevo, el avance mensual es de 12 metros.

Por dificultades en la ventilación secundaria, es difícil tener una labor a más de dos relevos y conseguir con ello un avance de 24 metros al mes, como cifra tope, salvo en raras ocasiones.

La introducción del material moderno complica aún más el problema de la organización de la labor, pero aporta una solución que, debido al incremento de la velocidad obtenida, permite disminuir el número de labores en marcha.

Distinguiremos dos clases de labores en roca: 1.ª Las que avanzan al ritmo de la explotación, como son los recortes para abandonar trozos de galería en dirección, transversales que van recortando un paquete de capas, etc. 2.ª Las galerías generales de arrastre en estéril, transversales de gran longitud que preparan una zona nueva o de reconocimiento.

En los primero, por llevar un ritmo señalado por la explotación, no creo que en el estado actual del problema merezca la pena de hacer una innovación, que de momento sería costosa, para mejorar su avance, hoy día suficiente.

Es en los segundos, donde deben aplicarse los avances rápidos (de 75 a 150 metros al mes, según los medios puestos en juego). Sin pecar de optimistas, sería posible que el número de labores en roca de esta clase quedase reducido a la mitad.

Por los datos obtenidos en diferentes grupos mineros, se ha visto que las labores que deben avanzar a un ritmo rápido son próximamente el 22 % del total de las labores en roca.

Estimamos como avance rápido un mínimo de 75 metros al mes, que puede ser obtenido a base del siguiente equipo: un «Jumbo» de dos martillos o dos martillos de columna, y una pala cargadora.

Con un equipo de «jumbo» de cuatro martillos y pala cargadora el avance se estima en 150 metros al mes, por lo que un equipo semejante, puede trabajar en dos transversales en meses alternos, con lo que se tendría un avance medio en cada uno de ellos de 75 metros.

Teniendo en cuenta los datos precedentes, se pueden formar los equipos necesarios para cubrir las necesidades de un gran grupo minero.

ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

Cada conjunto de tres equipos de perforación rápida que, a ser posible, no estén excesivamente diseminados, estará a las órdenes directas de un capataz-jefe, que será el responsable general de un buen funcionamiento.

Un vigilante de interior en cada uno de los tres relevos hará las funciones de ayudante del capataz y vigilará constantemente que se cumplan las instrucciones que reciba.

En cuanto a los equipos de perforación:

1.º Equipo «jumbo» de dos martillos o dos martillos de columna y pala cargadora. Un barrenista-encabezado y dos ayudantes en cada relevo. Avance por relevo, un metro.

2.º Equipo «jumbo» de cuatro martillos y pala cargadora. Un barrenista-encabezado y cuatro ayudantes en cada relevo. Avance por relevo, dos metros.

Es conveniente insistir en que deben tenerse dispuestos equipos de ventilación que permitan la evacuación de los humos muy rápidamente y que el número de vagones vacíos al servicio de la pala cargadora esté siempre a tiempo y en exceso, para evitar tiempos muertos.

Los alargamientos de vías, tuberías de aire comprimido y ventilación, fortificación de zonas falsas, deben de hacerse al ritmo del avance, aprovechando los domingos para las reformas más importantes.

El carril empleado en la galería no debe ser inferior al de 16 kilogramos-metro, para evitar los descarrilamientos, ya que tanto el «Jumbo» como la pala pesan cerca de cuatro toneladas. Las traviesas se colocarán muy próximas.

En las proximidades de la labor debe tenerse snempre dispuesto un pequeño almacén, que cubra las necesidades de los incidentes corrientes en las máquinas y que puedan presentarse en la jornada.

En el exterior se dispondrá de material de repuesto abundante con destino exclusivo a esas labores.

VENTAJAS DEL EMPLEO DEL MATERIAL

DISMINUCIÓN DEL RIESGO DE SILICOSIS

La eficacia de la inyección de agua es discutida, a pesar de que mejora considerablemente la habitabilidad del tajo. Según algunos, solamente el polvo grueso, inofensivo, es el que absorbe el agua; los más finos y más peligrosos subsisten. Además, la humedad del Tajo puede favorecer la tuberculosis. Esto, a *groso modo*, es lo que piensan los especialistas del África del Sur.

Por el contrario, en Suecia, donde la inyección de agua se practica desde hace varios años, los resultados son más claros; la silicosis disminuye mucho.

Sin embargo, parece ser más importante que el material moderno no exija a los obreros más que un esfuerzo físico restringido. De esta forma, la respiración es mucho menos activa y los polvos retenidos en el pulmón son, efectivamente, menos abundantes.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Será fácil comprobar en algunos años, con obreros que trabajen en grandes obras subterráneas, si estas esperanzas tienen fundamento.

RECLUTAMIENTO DE PERSONAL

El empleo simultáneo de martillos de inyección de agua, de un «Jumbo» y de una cargadora, hacen el trabajo mucho menos duro.

El reclutamiento del personal cambia de aspecto y la formación de los equipos es mucho más rápida. En efecto, puede ser utilizada mano de obra de resistencia física media, pero con inteligencia más abierta a las nociones de la mecánica.

Se ha observado en varios casos que el interés prestado por la gente joven a la mecánica, el espíritu de emulación entre diferentes equipos y la publicidad dada a la rapidez del avance, son factores que atraen a los candidatos.

Febrero, 1950.

Finalizada la lectura del trabajo que precede, se levanta la sesión a las dos de la tarde.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

SECCIÓN 2.ª

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

(28 de mayo a 3 de junio de 1950)

ACTA DE LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 29 DE MAYO DE 1950

A las 16,40 horas se abre la sesión, bajo la Presidencia del Excmo. Sr. D. José M.ª Otero Navascués, Ingeniero de Armas Navales, siendo Vicepresidentes D. Guillermo Sanz Huelín, Ingeniero Geógrafo y Artillero, y D. Ricardo de la Lastra Soubrier, Ingeniero de Armas Navales, actuando de Secretarios D. Antonio Colino López, Ingeniero Industrial, y D. Jesús Briones Sáenz de Tejada, Ingeniero Industrial y Aeronáutico.

El Presidente concede la palabra al Sr. Ramil para hacer una exposición del trabajo número 149 siguiente:

N.º 149. - Redes de telecomunicación por enlaces radio, utilizando frecuencias ultraelevadas

Autores: D. LUIS URQUÍ MARÍN y D. JUAN JOSÉ RAMIL MORALES
Ingenieros de Telecomunicación

Es nuestro objeto presentar un proyecto general de red nacional de telecomunicación utilizando enlaces radioeléctricos o cables hertzcianos.

Como justificación de este estudio están las siguientes razones:

1.º Interés técnico del procedimiento, que hace sea en el porvenir el único sistema en enlaces de gran tráfico.

2.º Necesidad de coordinar los servicios dispersos, en un conjunto orgánico capaz de ser resistido por nuestra economía.

3.º Aspecto estratégico de la cuestión, con su enorme importancia para la defensa nacional.

Los sistemas de comunicaciones tienen cada día mayor importancia; la transmisión de noticias, las necesidades de hablar a distancia, envío de mensajes y facsímiles, etc., son fiel reflejo de nuestro modo de vivir.

Mas esto, es en período de paz; cuando la Nación se encuentra amenazada por algún enemigo interior o exterior, se precisa disponer de un sistema nervioso de gobierno de todos los demás órganos, y eso sólo se consigue con un extenso y bien organizado sistema de transmisiones.

No nos referimos aquí a las transmisiones de carácter puramente militar, cuyo campo de empleo se verifica en los frentes hasta cierta profundidad, sino a esa red extendida por toda la Nación y que coordina la vida industrial, comercial y de relación de las distintas regiones. La red que moviliza todas las reservas y que hace que el mando superior tenga en su mano al país.

En España se tiene una red telegráfica del Estado, constituída por líneas aéreas de distinto tipo, bastante heterogénea, anticuada y, desde luego, insuficiente para el futuro.

Las líneas principales que unen las capitales importantes con Madrid son explotadas en «multiplex» con aparatos Baudot.

También se emplean teleimpresores de distinto tipo y otros aparatos en funcionamientos diversos.

Desde luego, no hay en servicio ningún sistema de telegrafía por corrientes portadoras en línea aérea ni en cable.

La red telefónica, en sus circuitos interurbanos, tiene en su mayoría líneas aéreas normales, pues son excepciones los trozos de cable telefónico en servicio, y los equipos de portadoras empleados en esos cables y en líneas aéreas preparadas.

Las redes de radio, propias de los servicios de policía, ejército, aviación, etc., han sido organizadas para servir sus peculiaridades propias, podrán ser insuficientes o excesivos, según las posibilidades presupuestarias del organismo creador, pero nunca podrán realizar un servicio nacional de telecomunicación pública.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Una vez esbozado el estado de nuestros sistemas de comunicaciones, aunque no se agreguen más datos ni se quiera deliberadamente ensombrecer la situación, se llegará a unas conclusiones evidentes:

1.ª La red telegráfica debe ser ampliada y remozada.

2.ª La red telefónica, en ciertos aspectos y regiones, no es suficiente.

3.ª Deben atenderse e implantarse varios servicios actualmente no usados por el público en nuestro país.

4.ª Los servicios deben ser coordinados, para un mayor aprovechamiento.

5.ª Nuestra economía no puede resistir una duplicidad de servicios, incompleta en cada una de sus partes, y que unificados podrían servir a las necesidades de la Nación.

Nos atrevemos a decir que las actuales redes son insuficientes porque, realmente, lo son; pero, además, ¿es que en su estado actual podría implantarse un servicio de transmisión de imágenes?

Este servicio, desconocido en España para el usuario, es de la mayor importancia; significa la transmisión de documentos, mapas, huellas dactilares y fotografías, etc., etc.

¿Qué diremos de las necesidades de comunicación, telemando y telemedida, inherentes a la red nacional de distribución de energía eléctrica?

Actualmente, todas las noticias y órdenes para interconexión de redes de potencia se hace mediante conferencias telefónicas, utilizando los hilos de la Compañía Telefónica Nacional, según un programa de abonos a horas determinadas.

Pero, ¿es que tal procedimiento permite gobernar la situación continuamente cambiante, debido a nuestro actual régimen de ríos pobres y lluvias escasas?

Salvo algunas escasísimas comunicaciones de punto a punto, en portadoras sobre las líneas de alta tensión, no hay aquí otra señal de contacto entre la telecomunicación y la Electrotecnia.

Ya vemos que necesitamos comunicaciones y comunicaciones, pero, ¿cómo hacer esto económicamente?

Únicamente con una línea que permita prácticamente un número enorme de canales, es decir, un cable hertzciano o enlace-radio.

Antes de seguir adelante definamos —aunque no es necesario— el objetivo de un enlace radio. «Se trata de establecer una comunicación entre varios puntos, con la seguridad y precisión de una comunicación por cable, de obtener así un número elevado de canales en baja frecuencia y establecer un número prácticamente ilimitado de comunicaciones radio, dentro del margen elegido para estos servicios.»

Valgan estas palabras que acabamos de decir como introducción a nuestro trabajo.

El camino que seguiremos en nuestra exposición es el siguiente: En la primera parte consideramos:

a) Evolución de la técnica de telecomunicación por cables.

b) Ventajas generales de los «enlaces-radio».

c) Conclusiones fundamentales que precisa tener en cuenta antes de hacer en detalle cualquier estudio.

d) Revisión histórica de los sistemas en uso.

En la segunda parte acometemos el estudio de un proyecto de red nacional, para lo cual consideramos:

a) Revisión de los sistemas de comunicación por enlaces-radio. Elección de sistema.

b) Recopilación de datos según las necesidades que se han de satisfacer.

c) Trazado de la red, procedimiento de cálculo utilizado.

d) Consideraciones finales.

PRIMERA PARTE

a) EVOLUCIÓN DE LA TÉCNICA DE LA TELECOMUNICACIÓN POR CABLE.

Esta breve revista podemos considerarla dividida en tres períodos marcadamente distintos y fundamentales, desde los puntos de vista siguientes:

a) Canales de transmisión obtenidos con un simple circuito telefónico.

b) Anchura de banda transmitida y, por tanto, calidad de servicio.

c) Seguridad en el tráfico.

No nos referiremos a un previo anteperíodo que abarca hasta las proximidades del año 1900, en el que la transmisión, telefónica y telegráfica, fué solamente mejorada, desde el punto de vista exclusivo de calidad y de alcance, sin buscar adentrarse por el campo de la utilización múltiple.

El primer período que se ha de considerar abarca desde el año 1900 hasta el 1915, aproximadamente, y en esta época se introducen los circuitos fantasmas, bobinas de carga y grandes mejoras en la confección de cables de conductores múltiples, con aumento de un 50 % en la eficiencia de un par de hilos y duplicación aproximada de los alcances en las comunicaciones de conductores desnudos. Por desgracia, la necesidad de las bobinas de carga, limitaba la anchura de frecuencia transmitida. En muchos casos la banda quedaba restringida por debajo de los 1.800 ciclos, con la consiguiente pérdida de calidad, además de la reducción en la velocidad de transmisión.

En estas condiciones comienza el segundo período notable, a partir del año 1915.

A medida que crecían en todos los países las necesidades de tráfico, paralelamente fué desarrollándose la técnica de construcción de cables telefónicos y telegráficos con aislamiento de papel, reteniéndose la mayor cantidad de aire seco posible. También se incrementó el empleo en los mismos de bobinas de carga y de amplificadores de línea intercalados, y se marcaron en dicho proceso dos momentos verdaderamente decisivos al remediarse, con las primeras, los perjudiciales fenómenos de la distorsión de atenuación y fase a expensas —claro es— de disminuir la frecuencia de corte y de conseguirse relativamente pequeños alcances que, por medio de los segundos, son prolongados teóricamente en forma indefinida.

Pero pronto el tráfico fué superior al rendimiento alcanzado con tales líneas, lo que condujo a este dilema: tendido de nuevos cables o empleo de nuevas técnicas.

Evidentemente, el primer sistema es caro.

Se utilizó la técnica de las corrientes portadoras, aunque se tropezaba con la aparente imposibilidad que representaba la baja frecuencia del cable cargado.

Reduciendo la inductancia de las bobinas Pupin de 200 mH. a 100 mH. y aproximándolas de 2.800 m. a 2 Km., se obtuvieron frecuencias de corte de 5.600 c/s. en los cables con carga semifuerte, indicando este resultado el camino que convenía seguir.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Rebajado progresivamente la L de las bobinas y acercándolas se llegó al caso de 3,2 mH. y distancia entre ellas de 1,7 Km., que permite frecuencia de corte de 20.000 c/s. con 70 Km. de sección de amplificación, o sea distancia entre repetidores.

En estas condiciones se pueden tener cuatro canales: el primero, que cubre el margen de 300 a 2.700 c/s., y los restantes, en portadora con anchos de banda de 4.300 a 6.700, 8.300 a 10.700 y 12.300 a 14.700.

Las soluciones se van poco a poco encontrando con la separación de las vías de «ida» y «vuelta» en los cables, mejoras en los equilibrios de los circuitos, empleo de moduladores y demoduladores secos, filtros más precisos, y muchos otros dispositivos que tejen el definitivo tipo de plan de comunicaciones por corrientes portadoras y forman la base imprescindible para todo sistema de comunicaciones racional y económicamente estudiado.

Pero estos cables son caros, y su importe, así como el de la operación de tendido, es desproporcionado con los resultados que cabía esperar. Así se llegó al concepto de cables de banda ancha. Tal concepto fué verdaderamente impuesto por las necesidades de transmisión en Radiodifusión y en Televisión.

El tercero y último período podemos considerarlo iniciado en el año 1937, y ha sido calificado como el de «banda ancha» para los sistemas de transmisión. Los equipos de portadoras de 12 canales son una realidad, tanto para su empleo en líneas como en cables. El cable coaxil llena las condiciones de las anchuras de banda que los modernos servicios de Televisión exigen (anchuras de unos 2 Mc/s.).

No vamos aquí a hablar de los cables coaxiles ni de otros tipos de cables de banda ancha. De todos son conocidos y sabemos su enorme coste, que los hace imposibles de ser utilizados en servicios de explotación de comunicaciones.

Claro que se han conseguido cables de bandas relativamente anchas siguiendo las técnicas convencionales del aislamiento de papel y aire seco. Ya haciendo que las capacidades entre hilos sea del orden de 25 *m* F/Km., y desacoplando los circuitos de emisión mediante pantallas electrostáticas, ya dando a los cuadretes diferentes pasos de hélice se obtienen anchos de 60 a 65 Kc.

Con estos valores se pueden tener hasta 9 comunicaciones en portadora por cuadrete.

Uno de los cables coaxiles más empleados consiste en un tubo de cobre de 9,5 milímetros con conductor interior central de cobre de 2,6 milímetros soportado por aisladores, armado exteriormente por una cinta de acero que le comunica gran resistencia mecánica y reduce la diafonía entre cables.

Con bandas de frecuencia comprendidas entre 60 y 2.852 Kc., pueden utilizarse hasta 600 canales, pero deben instalarse amplificadores cada 10 Km.

No hay duda de que una línea en estas condiciones sería de instalación casi prohibitiva.

En muchas administraciones extranjeras de servicios de telecomunicación se emplean conductores de 0,9 mm. de diámetro separados por papel seco y dispuestos en cuadretes. Cada 1.830 metros se aplican bobinas Pupin. Para estos valores, el C. C. I. F. recomienda colocar repetidores cada 70 Km. y emplear amplificadores individuales para cada par, así como para cada circuito combinado.

En Inglaterra se emplea un cable normalizado que tiene 24 pares en cada sentido, lo que ha permitido establecer 288 vías.

Pero estos resultados no deben engañarnos. ¿Cuál es el precio de una línea de 350 Km. de este tipo?

Considerando enlaces-radio, además de los equipos de portadora (que también son necesarios en la utilización con cables) se precisan unos equipos-radio, pero nos ahorramos el cable y el tendido del mismo, que es partida de importancia realmente extraordinaria.

No es de extrañar, pues, que ya en el año 1936 aparezcan equipos radioeléctricos, que rompen con el costoso viejo sistema de líneas y cables y tratan de establecer comunicaciones de la misma seguridad y sin las limitaciones de anchuras de banda impuestas. El éter admite una anchura de banda infinita, y las limitaciones pueden nacer del tipo de frecuencias empleado por los equipos de radio, a nuestra voluntad.

Desde este año en adelante son muchos los circuitos experimentales y de tráfico establecidos en casi todos los países del mundo, y las nuevas redes de cables hertzcianos comienzan a extenderse universalmente, bien auxiliando a las redes ya existentes, bien formando redes básicas independientes, o para determinados servicios.

b) VENTAJAS DE LOS «ENLACES-RADIO».

Por todo lo expuesto hasta aquí, se deduce ya que los sistemas de comunicación que coordinen la técnica de las transmisiones múltiples con los enlaces radioeléctricos tendrán interesante e inmediato porvenir.

No se trata sólo de salvar zonas inaccesibles para un tendido (islas próximas con la costa), sino que normalmente no deberán tenderse más líneas nuevas.

La comunicación radio, calculada con estaciones «relés» en puntos adecuados, asegura una seguridad de funcionamiento en 100 % del tiempo, y no son de temer interrupciones en el servicio por averías en la línea tan frecuentes como incómodas y caras de reparar.

En los equipos modernos, no solamente no se precisa personal de vigilancia en las estaciones «relé» para el entretenimiento normal, sino que la puesta en marcha de equipos de reserva, prueba total de la estación «relé», etc., puede hacerse desde la estación terminal sin intervención de personal intermedio.

Se habla de que las estaciones «relé» en estos sistemas de comunicación se colocan en sitios prácticamente inaccesibles para conseguir mayores alcances, y que esto es molesto y caro y proporciona poca vigilancia a las estaciones, pero, según demostraremos más adelante, subir en altura por encima de ciertos límites no proporciona aumentos apreciables de ganancia y, en lo que respecta a la vigilancia, estimamos que igualmente es dañable cualquier línea por un paso de sierra, con la única diferencia de que una línea está incomparablemente más expuesta al sabotaje, por su extensión e imposibilidad de total vigilancia.

Ahora, en lo que respecta a anchos de banda y número de canales, no hay problema para las necesidades actuales. Para líneas largas se suelen disponer equipos de más de 48 canales telefónicos para poder disgregar canales en las estaciones «relé» intermedias, si es necesario.

Para medias distancias, según la importancia de los puntos a unir, se disponen equipos de hasta 48 canales.

Debe tenerse presente que cada canal telefónico puede ser transformado en 9 canales telegráficos parciales.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

c) ELECCIÓN DE FRECUENCIAS.

Las consideraciones que podemos hacer sobre esta cuestión, son las siguientes:

1) Cuanto más baja la frecuencia, más estable la propagación y en la banda de 50-250 Mc/s. (ondas métricas) en vanos con visibilidad, la señal recibida se mantiene prácticamente estable todo el tiempo.

Para frecuencias entre 500 y 2.000 Mc/s. (ondas decimétricas), la transmisión es mucho menos estable, aun con completa visibilidad en los vanos, y para frecuencias entre 2.000 y 5.000 Mc/s. (ondas centimétricas), la señal recibida puede caer 40 dB y aun más (hasta 60 dB) a intervalos frecuentes, y esto aun en vanos con buena visibilidad y de longitudes de sólo 40 Km.

2) Los agentes atmosféricos, tales como lluvia, niebla o nieve, producen una absorción de energía que crece con la frecuencia y que puede llegar a 3 dB/Km. entre 5.000 y 10.000 Mc/s.

3) La absorción producida por edificios, arbolado, etc., puede estimarse en sólo unos 2 ó 3 dB en frecuencias del orden de 200 Mc/s., pero pueden producir verdadera obstrucción en frecuencias de 1.000 Mc/s. y superiores.

De todo ello deducimos que la frecuencia más conveniente será la de la longitud de onda de un metro, aproximadamente.

ELECCIÓN DEL SISTEMA DE MODULACIÓN

Ha sido para nosotros gran motivo de preocupación elegir cuidadosamente el sistema de modulación más conveniente. Hemos estudiado todos los problemas que plantea cada sistema, analizando como afecta cada característica propia a la efectividad total del sistema.

Las cuestiones más importantes que procede considerar, son: anchura de banda ocupada, facilidades de canal de servicio u órdenes, independencia de colocación de los equipos de modulalación respecto de los equipos radio, sencillez y facilidad de fabricación de los componentes, comodidad del entretenimiento, relaciones señal/ruido facilitadas.

Para comprender fácilmente las conclusiones a que se ha llegado, es necesario hacer una exposición, aunque sea ligeramente detallada, de cada sistema.

Si se intenta comunicación con un determinado número de canales, como es este caso, existen dos métodos generales:

1.º Distribución de los canales por separación de frecuencias (sistema de corrientes portadoras).

2.º Distribución de los canales, según el tiempo (sistema de modulación por impulsos.

Estudiemos primero el caso 1.º

Los fundamentos de este sistema son bien conocidos y no vamos a insistir sobre ello; únicamente enunciaremos las distintas modalidades a que puede darse origen, ya que de todas ellas elegiremos la más conveniente, descartando las restantes.

En la figura 1 quedan esquemáticamente reflejados los distintos subsistemas de que hemos hablado.

El PAM no ofrece ventajas esenciales, pues hay momentos en que las señales son débiles, comparables, por lo tanto, a las parásitas, lo que anula la principal característica de estos sistemas, que buscan hacer diferente el sistema de transmisión que evita tener en cualquier momento señales útiles comparables a las parásitas.

De todos los demás sistemas sólo consideramos los PPM y PCM, que están suficientemente experimentados para ofrecer interés positivo.

Antes de comparar cualquier procedimiento se hace obligado definir los parámetros que los califican:

Llamamos f la máxima frecuencia del mensaje, con lo cual f será igual a 3.400 c/s., en nuestro caso, que consideramos el envío de conversaciones telefónicas (debemos hacer observar ya, que los canales que reservemos para transmisiones telegráficas no modifican lo que a continuación indicamos, ya que el ancho de banda de un canal telefónico es equivalente a 9 canales telegráficos, es decir, que cada enlace telefónico puede ser desglosado en nueve comunicaciones telegráficas, que, con un combinador individual son encajadas en el sistema total.

Esquema del Plan general

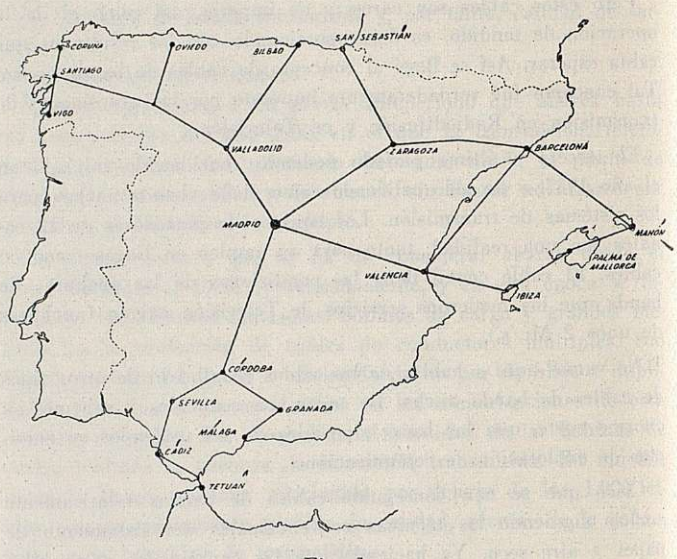


Fig. 1

Llamemos F a la frecuencia de recurrencia de los impulsos, es decir, que $T = \frac{1}{F}$ es el intervalo con que se envían los impulsos constitutivos de cada mensaje.

$2r$, es el tiempo de espera entre los impulsos sucesivos enviados (r es inferior a T, pueso que precisamente T se aprovecha para intercalar los impulsos referentes a otros canales o comunicaciones).

σ, es el tiempo de establecimiento del impulso.

d, es el pequeño desplazamiento que en el tiempo puede sufrir un impulso individual, debido a las condiciones de propagación.

n, al número de canales que se transmiten.

n_c, al número de elementos de código en los sistemas cuantificados.

m, al índice de modulación en los sistema de modulación de frecuencia.

D, a un coeficiente práctico que debe tenerse en cuenta para evitar la diafonía.

Hemos indicado como circunstancia cualificadora de un sistema el ancho de banda ocupado en la transmisión. En los sistemas de impulsos se hace necesario diferenciar muy bien los tiempos en que se producen tales impulsos, pues, si no, se producirían

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

interferencias entre las señales anterior y posterior que determinarían una especie de diafonía. No hay duda de que el mejor sistema para prever esto es separar suficientemente los impulsos, es decir, hacer 2 r suficientemente notable. Para investigar sobre el ancho de banda necesario, fijémosnos en que primeramente consideramos la señal sin modular a una portadora radio.

Según esto y utilizando la fórmula empírica sancionada por la experiencia $F = \frac{1}{2}\sigma$, tenemos para el caso de PPM: Debiendo ser la frecuencia de recurrencia igual a $2\,kf$, con $k > 1$ para poder descifrar los mensajes en la recepción, y siendo $2\,(r + \sigma + d)$ el tiempo disponible para un canal, se tendrá que el número de canales es:

$$\frac{1}{4\,kf(r+\sigma+d)}$$

y para una banda total $F = \frac{1}{2}\sigma$, cada canal ocupará:

$$\frac{2\,kf(r+\sigma+d)}{\sigma} = 2\,kf\left(1+\frac{r+d}{\sigma}\right)$$

Para los sistemas cuantificados suele usarse el criterio —con objeto de evitar la diafonía— de que estando los impulsos próximos y al registrar uno de éstos, los vecinos pasen por un cero, y entonces utilizando la teoría de transmisión, se tiene el siguiente cálculo:

Una señal infinitamente corta de superficie unidad transmitida a través de un circuito por el que pasan sin distorsión de atenuación ni fase todas las frecuencias comprendidas entre 0 y r es de la forma:

$$I_t = \frac{1}{T}\,\frac{\operatorname{sen}\frac{\pi}{T}(t-t_o)}{\frac{\pi}{T}(t-t_o)}$$

siendo

$$T = \frac{1}{2\,r}$$

Como para $t = t_o$ todas las frecuencias de amplitud idéntica están en fase y son máximas, producen en la recepción una amplitud igual a $2\,r$. En los tiempos $t = t_o \pm \frac{n}{2\,r}$ la amplitud es nula, o, lo que es lo mismo, si envíamos otro impulso infinitamente corto después de un tiempo $\frac{1}{2\,r}$, esta señal tendrá en la recepción valor nulo.

De esto deducimos que no se produce diafonía entre señales recibidas, siempre que se cumpla la condición de transmitir los impulsos a intervalos $\frac{1}{2\,r}$, haciéndose la detección en los momentos $t_o \pm \frac{n}{2\,r}$.

Hablando en términos generales, acabamos de demostrar que utilizando impulsos rectangulares de duración T, transmitidos a intervalos T, sólo se utiliza una banda de frecuencia $r = \frac{1}{2\,T}$

Como para transmitir una conversación de frecuencia máxima F se precisan 2 $k.\ f.$ c/s., el ancho de banda en este caso sería $r = \frac{1}{2\,T} = k.\ f.$ Ahora bien, en la práctica existe distorsión de atenuación y de fase, y para prever esto hay que tomar medidas que producen como consecuencia un ancho de banda superior: D $k.\ f.$, siendo D un coeficiente comprendido entre 1 y 2.

Si el sistema de codificación está definido por n_c y existen n canales, el ancho de banda total sería:

$$D\,.\,k\,.\,f\,.\,n\,.\,n_c$$

En la tabla aquí expuesta hemos expresado los coeficientes teóricos y prácticos que determinan el ancho de las bandas de frecuencia de los sistemas más interesantes.

SISTEMAS PRINCIPALES DE TELECOMUNICACIÓN

MODO DE MODULACIÓN	DENOMINACIÓN	MODO DE MODULACIÓN DE LA PORTADORA		COEFICIENTE DE ENSANCHAMIENTO DE LAS BANDAS DE FRECUENCIA		COEFICIENTE DE MEJORA DE LA RELACIÓN SEÑAL/RUIDO
		Amplitud	Frecuencia	Teórico	Práctico	
a) Distribución en frecuencia. (Sistemas a corrientes portadoras).	C.	C - MA.		1	1,2	1
			C - MF.	$1 + m$	$1{,}2\,(1 + m)$	$m\sqrt{3}$
b) Distribución en el tiempo. (Sistemas de impulsos).						
1.° AMPLITUD, no cuantificado ($n_c = o$)	PAM.	PAM - MA.	PAM - MF.	1	$k\,D$	1
CUANTIFICADO ($n_c = n_c$)	PCM.	PCM - MA.	PCM - MF.	n_c	$k n_c\,D$	
2.° POSICION no cuantificado.	PPM.	PPM - MA.		$2\left(\frac{d}{\sigma}+1\right)$	$2\left(1+\frac{d+r}{\sigma}\right)k$	$\frac{d}{\sigma}$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Para ver más claramente la influencia de estos parámetros, conviene hacer algunos números.

Supongamos un sistema de código de cinco elementos, y duración del impulso de 0,26 microsegundos.

El ancho de banda será:

$$\frac{1}{2 \times 0{,}25 . 10^{-6}} = 2 . 10^{6} \text{ ciclos}$$

y el número de canales disponibles para transmitir frecuencias hasta 3.400 c/s., la máxima considerada en la conversación telefónica será:

$$2 n . n_c . 3\,400 = 2 . 10^{6} . n = 59 \text{ canales}$$

Estimando un sistema de portadoras normal, para el mismo número de canales se tendría un ancho de banda de:

$$59 \times 4 . 10^{3} = 236 . 10^{3} \text{ c/s} = 0{,}236 \text{ Mc/s}$$

Respecto de las relaciones señal/ruido que proporcionan ambos sistemas en el cuadro podemos observar los coeficientes cualificadores típicos. Se sabe que la relación señal/ruido es prácticamente proporcional al ancho de banda con la exclusión del sistema PCM. De esto deducimos que, si bien los sistemas de impulsos pueden proporcionar mejores relaciones señal/ruido, es debido únicamente a que exigen mayores anchos de banda. Para comparar la bondad del sistema respecto de esta característica debíamos considerar anchos de banda iguales, y entonces se ve fácilmente que el sistema C-MF es superior al PPM-AM.

No hay duda de que los sistemas de impulsos ofrecen ventajas en otros aspectos, tales como niveles de recepción constantes, simplificación del equipo de señales, etc., pero al lado de éstos encontramos ventajas superiores en los de portadoras; unas ya las hemos demostrado, pero hay otros de carácter económico que son muy interesantes.

Los sistemas de impulsos tienen órganos muy delicados, tales como los de sincronización, emplean muchas válvulas de tipo especial, y los circuitos son sensiblemente más complicados.

No hay duda de que por ser España un país que depende totalmente del extranjero, en lo que se refiere a válvulas electrónicas, no deben adoptarse dispositivos que comporten tubos muy especiales y de difícil reposición, salvo que fuera imprescindible. En este caso, no hay duda ya de que los sistemas de portadoras, utilizados actualmente, aunque en número reducido en la red telefónica —o sea, por líneas— usan tubos normales y hemos creído demostrar que son más convenientes.

Al hablar de las frecuencias se ha llegado a conclusiones que también son concordantes con estas últimas deducciones. Los sistemas de impulsos necesitan obligadamente portadoras de longitudes de onda del tipo centímetro, y sobre este asunto, hemos discutido suficientemente para abundar en la idea que nos obliga a decir: el sistema que se propone es distribución de canales en frecuencia modulando en frecuencia una onda portadora de la banda de las métricas.

a) REVISION HISTÓRICA DE LOS SISTEMAS EN USO

El siguiente rapidísimo relato cronológico da idea de la evolución sucesiva de los equipos utilizados.

En 1924, aparecen las primeras estaciones «relé», con objeto de alargar los alcances, funcionando en 100 m. (3 Mc/s.).

1933.—Se empiezan a estudiar los primeros «relés» para televisión en ondas de 3,75 m. (80 Mc/s.) y para la comunicación New York-Candenn.

1936.—Se desarrollan simultáneamente en varios países, equipos en frecuencias métricas. En Japón se emplea un sistema de seis canales en ondas de 4 m., y en Norteamérica se establecen comunicaciones con diversas estaciones «relés» sin vigilancia, en 100 Mc/s. 3 m. (línea New York-Filadelfia).

1940. — Empiezan los experimentos en ondas decimétricas (500 Mc/s.).

1944.—La guerra extiende los equipos de campaña para comunicaciones múltiples. En Alemania se emplean frecuencias decimétricas, y en Norteamérica, métricas.

Se experimentan también equipo de impulsos, aprovechando elementos de Radar.

En 1943, se acordó en Estados Unidos diseñar dos modelos; uno, en ondas decimétricas (20 cm.), y otro en centimétricas (6 centímetros). En la primavera de 1944, «R. A. C.» entrega el modelo de 20 cm., y la «Bell», el de 6 cm.

1946.—Se extiende el tráfico comercial telefónico, y en América se emplean frecuencias de 7,5 cm. para televisión.

1949.—Se persiste en tres tipos de ondas 2 metros, del orden de 30 cm. y de 8 cm.

No vamos a relacionar todas las redes en servicio atendidas por estos sistemas, pero, mencionaremos algunas de ellas.

LISTA DE LOS ENLACES MÁS IMPORTANTES ESTABLECIDOS POR RADIO MEDIANTE FRECUENCIAS ULTRA-ELEVADAS

NOTAS: 1. Esta lista no comprende muchos circuitos experimentales existentes en la actualidad.
» 2.—No se aspira, en modo alguno, a que esta lista sea completa, sino un resumen de los circuitos existentes más importantes, de cuyo servicio tenemos conocimiento.

EUROPA

Comunicación establecida por enlaces-radio	Frecuencia portadora en Mcs.	Potencia en vatios	Número de canales	Distancia en Kms.	Observaciones
Guernsey, islas del canal Dorset (Inglaterra)	60 y 37		6	141	Relación señal/ruido de 55/60 dB en condiciones estables. Valores medios obtenidos en una semana de observación entre 40 y 65 dB. Estaciones del Pots Office (60 kilómetros, sin visibilidad).

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Comunicación establecida por enlaces-radio	Frecuencia portadora Mc/s.	Potencia en vatios	Número de canales	Distancia en Kms.	Observaciones
Holyhed, Gales-Douglas I. O. M. (Inglaterra)	63	100 modulación de frecuencia	12	100 por mar	Relación señal/ruido superior a 48 dB, en el 90 % del tiempo total de funcionamiento. Estaciones del Post Office.
St. Just Cornwall-Islas Scilly (Inglaterra)	60, 63, 68 y 70	1- modulación de amplitud	1	47	2 circuitos con 2 canales telefónicos o uno telefónico y otro para teletipo. Las estaciones no tienen ninguna vigilancia, normalmente.
Dunure, Escocia. Campleltown, Escocia...	62 y 70	100	12	53	Nivel de ruidos en ausencia de señales en cualquier canal, superior a 60 dB.
Arran, Escocia-Ardrosa	75 - 80	200/500 modulación de amplitud.	6	24	Tráfico enteramente satisfactorio. Estaciones del Post Office.
Stranraer, Escocia - Belfort, Irlanda del Norte	76 y 83	250/500 modulación de amplitud.	6 y 9	65	Relación señal/ruido 45 dB, por lo menos. Servicio del Post Office, completamente satisfactorio.
Isla de Witht-Normandía	85 - 95	7, 30, 100	X	160	Utilizada por el Gobierno inglés durante la invasión de Europa, muy satisfactoriamente.
Grasse, Francia-Calenzana, Córcega	97 - 107	100 modulación de frecuencia.	12	205	Servicio del P. T. T. francés, completamente satisfactorio. (50 kms. sin visibilidad.)
París-Montemorency (Francia)...	3.000	30 modulación de frecuencia.	12	24	Servicio del P. T. T. francés, completamente satisfactorio. Diafonía superior a 60 dB.
Chelmsford-Londres (Inglaterra)	140 - 154	10	5/12	64	Servicio para objetos industriales. Relación señal/ruido superior a 45 dB. Realización de Marconi, W. T.
Baddow, Essex-Benacre, Suffolk (Inglaterra)	138 - 150	10	12	150	2 estaciones repetidoras, con 24 kilómetros de no visibilidad en el trayecto entre ellas. Relación señal/ruido superior a 40 dB. Realización de Marconi W. T.
Suecia-Finlandia					Estos países han acordado la preparación de un circuito internacional para su inmediata instalación.

AMERICA

Comunicación establecida por enlaces-radio	Frecuencia portadora Mc/s.	Potencia en vatios	Número de canales	Distancia en Kms.	Observaciones
Washington-New York	4.000	0,1	32	450	(Cía. Explotadora Western Unión.) 9 estaciones traslatoras.
Washington-Pittsbury	»	»	»	250	5 estaciones traslatoras.
New York-Pittsbury (Norteamérica)	»	»	»	450	9 estaciones traslatoras. El conjunto constituye un dispositivo triangular con 1.100 despachos cursados simultáneamente.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Comunicación establecida por enlaces radio	Frecuencia portadora Mc/s.	Potencia en vatios	Número de canales	Distancia en Kms.	Observaciones
Red completa norteamericana...					En curso de instalación por la Westera. Enlaza Los Ángeles con Denver, Chicago, Detroit, New York, etc., y abarcará todas las más importantes arterias norteamericanas. Algunas de menor importancia subsistirán con el sistema actual de portadoras por hilos.
Costa del Pacífico (Canadá) ...	42 - 50	250	3		Ha sido establecida por Brithis Columbia Tel. Co., una externa radio/red de 10 direcciones, que enlaza con el resto de la red terrestre exsitente.
Argentina					La Cía. R. C. A. ha sido encargada por el Gobierno de la Argentina de la instalación de una red completa por enlaces de frecuencias ultra-elevadas.
Brasil					La Cía. R. C. A. comenzó a últimos de 1948 la instalación de la red completa por enlaces-radio.
Perú					En preparación circuitos no ópticos, por frecuencia ultra-elevadas, con traslatores.

A S I A

Comunicación establecida por enlaces-radio	Frecuencia portadora en Mc/s.	Potencia en vatios	Número de canales	Distancia en Kms.	Observaciones
Hong Kong-Cantón	70 - 80	150/200	12	140	Instalación encargada a Marconi W. T., de inmediato servicio.

A F R I C A

Comunicación establecida por enlaces-radio	Frecuencia portadora en Mc/s.	Potencia en watios	Número de canales	Distancia en Kms.	Observaciones
Nairobi-Nakuru, Colonia de Kenga	138 - 160	10	5/12	160	Dos estaciones repetidoras en Buru y Ngong. Instalado por Marconi W. T., para el Departamento de Correos y Telégrafos de Kenga, con perfecto funcionamiento. Relación señal/ruido de 50 dB, el 90 % del tiempo. Equipos totalmente sin vigilancia permanente.
Luanshya-Chingola, Rodesia del Norte	132 - 216	150/200	42	160	Instalación de Marconi W. T. 8 equipos duplicados, con relación señal/ruido de 45 dB.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

SEGUNDA PARTE

a) REVISIÓN DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN POR ENLACES-RADIO. ELECCIÓN DE SISTEMA.

Ya hemos tratado en principio esta cuestión al hablar de sistema de modulación: sólo nos resta agregar algunas consideraciones y hacer la afirmación final.

Las ventajas de emplear el sistema de modulación de frecuencia son patentes sobre otros sistemas, tales como el de impulsos (por duración o posición), que también mantienen invariable la amplitud de la portadora, como se indica a continuación:

1.—Para el mismo número de canales la anchura de banda total ocupada en el espectro es muy superior con modulación de impulsos; p. c., en un sistema de 24 canales sería de 400 a 1.000 Kc/s con modulación de frecuencia y de 3.000 Kc/s con un sistema equivalente de modulación por impulsos. Queda así restringido el número de canales posibles dentro de una banda de frecuencias determinada y de un área dada; hay más dificultad para establecer la separación adecuada entre diferentes servicios que utilicen rutas comunes y más posibilidades de interferencias entre las mismas.

2.—Los equipos de corrientes portadoras utilizados con el sistema de modulación de frecuencia, son los normales que se emplean en circuitos de líneas o cables; se simplifica el entretenimiento por unificación del material, y se pueden prolongar o enlazar los sistemas radio con los sistemas de líneas o cables, sin necesidad de emplear equipos adicionales para modulación o demodulación, como exigen los equipos de impulsos.

3.—En el sistema de modulación de frecuencia que proponemos, el canal de servicio es ajeno a los equipos de portadora. En los sistemas de impulsos se reserva una de las vías de tráfico para servicio, con lo que se reduce en uno el número de canales disponibles. En caso de avería en los equipos de canales no queda disponible el de servicio como de emergencia. Además, por la naturaleza integratoria de los equipos de impulsos, una avería en un canal puede provocar con facilidad la anulación de todos los canales, cosa que no ocurre con los de modulación de frecuencia.

4.—Con el sistema de modulación de frecuencia, no hay ningún inconveniente en situar los equipos de portadora en emplazamiento distinto de los terminales de radio (p. c., en la propia central telefónica), bastando entonces un enlace a 4 hilos entre unos y otros. En cambio, con modulación de impulsos es imprescindible instalar unos y otros equipos en el mismo local, o en otro caso efectuar el enlace mediante un costoso circuito (cable coaxil) de banda ancha.

5.—En el sistema de modulación de frecuencia se utilizan componentes y particularmente válvulas, que se emplean ampliamente en otras aplicaciones y están por consiguiente disponibles en todos los mercados. Se puede asegurar el suministro a precios normales, en tanto que con modulación de impulsos se emplean muchas válvulas y dispositivos de tipo especial, mucho menos corrientes y disponibles en un momento dado.

b) CÁLCULO DE LOS ENLACES

No es, en verdad, muy abundante la literatura sobre predeterminaciones de los campos que deben poder encontrarse a distancias dadas del emisor, con una configuración de terreno más o menos accidentada y raramente plana, como ocurre en nuestro país. Sin embargo, los jalones han sido sentados y las comprobaciones experimentales permiten aceptar los cálculos forzosamente deficientes por las variaciones en las constantes que en ellos intervienen, con tranquilizado margen de seguridad.

El mecanismo de la propagación en frecuencias ultraelevadas depende de cuatro factores principales, a saber:

1.º Refracción atmosférica.
2.º Reflexión ionosférica.
3.º Difracción; y
4.º Reflexión en tierra.

1.º Refracción atmosférica.

Los recientes estudios de Eckersley, Van de Pol, Bremmer y otros, consideran la tierra como un semi-conductor de conductibilidad y constante dieléctrica dadas, así como que la propagación se efectúa en una atmósfera ideal con constante dieléctrica de valor igual a la unidad y absorción nula en todos sus puntos.

En realidad, la constante dieléctrica del aire es ligeramente superior a la unidad y variable. Depende de la temperatura y presión del aire, así como del estado higrométrico, y varía con las condiciones del tiempo y la altura sobre el suelo. El cambio en la constante dieléctrica en unos centenares de metros llega sólo a algunas diezmilésimas, pero esta variación es suficiente para ejercer un efecto apreciable sobre la propagación en radio.

Debido a la variación de constante dieléctrica, ha de existir una desviación de la propagación rectilínea, pero el cálculo analítico exacto de este problema es inabordable por el sinnúmero de variables presentes, por lo que, sin intentar referirnos a distintas soluciones aproximadas sumamente laboriosas, haremos mención de la simple hipótesis de que la constante dieléctrica es una función lineal de la altura. Así se obtiene una solución aproximada muy práctica desde el punto de vista del ingeniero, y el efecto de refracción atmosférica puede considerarse dando al radio de la tierra un valor ficticio, resultante de multiplicar su propio valor por el coeficiente

$$k = \frac{1}{1 + \frac{R}{2} \cdot \frac{\Delta E}{\Delta h}}$$

en donde R es el radio de la tierra,

$\Delta\epsilon$ el cambio en constante dieléctrica al pasar de una altura h a una altura $h + \Delta h$.

La constante dieléctrica decrece normalmente cuando la altura aumenta, k es superior a 1 y las ondas se curvan hacia la tierra. Un valor de $k = \frac{4}{3}$ se considera como un buen valor medio.

Indicaremos de paso que cuando la constante dieléctrica disminuye muy rápidamente, las ondas de radio, paralelas a la tierra, pueden doblarse tanto, que lleguen a reflejarse en ella. Después de la reflexión el rayo se vuelve a curvar de nuevo hacia la tierra y la energía radiada queda confinada en una guía de ondas virtual limitada por la tierra y la máxima altura del haz. Este fenómeno, así como otros análogos, aunque interesantes en sí, no tienen mucho valor para el caso que nos afecta, ya que la experiencia demuestra que la alteración introducida no es generalmente de importancia.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Las medidas meteorológicas de la constante dieléctrica demuestran que a unos 30 Mc/s es buena aproximación la teoría del radio ficticio de la tierra y que a 3.000 Mc/s deja de ser este concepto adecuado para su empleo analítico. Por esto, y aunque se ha dedicado considerable trabajo a este estudio, es hoy preferible en estos casos un estudio estadístico de valores de «fading». En nuestro caso, con ondas inferiores a los 300 Mc/s, es admisible la citada hipótesis y a ella nos atendremos en nuestros cálculos, a condición de hacer en este margen la suposición, impuesta por el estudio del «fading», que el valor de k raramente es inferior a 0,8 o superior a 2 ó 3.

Finalmente, debemos de consignar que la atmósfera puede introducir también una absorción, con la correspondiente atenuación debido a la existencia de lluvia, nieve o niebla, e incluso una absorción selectiva debida al oxígeno, nitrógeno y otros componentes. Estos efectos son los propios de las regiones de los 3 cm., y resultan completamente despreciables en la región de ondas que proponemos utilizar en este estudio.

2.º Reflexión ionosférica.

Las frecuencias superiores a los 60 Mc/s raras veces se reflejan o refractan hacia la tierra desde la ionosfera y sólo intermitentes reflexiones esporádicas ocurren en la capa E en el margen de los 30 a los 60 Mc/s. Es, pues, perfectamente lícito no considerar el efecto de esta reflexión, en los cálculos que van a servir para la determinación de los campos a la entrada de los receptores, máxime habida cuenta del efecto direccional introducido por las antenas que han de utilizarse.

3.º Difracción.

Las ondas de radio se doblan alrededor de la tierra por el efecto de la difracción, tanto menos acentuado cuando la onda es más corta.

El efecto de la difracción es hacer posible la transmisión más allá de la visibilidad directa, pero introduce una pérdida adicional, cuya magnitud aumenta con la distancia y con la frecuencia, y que depende, hasta un cierto límite, de la altura de las antenas.

Desde Sommenfeld, la difracción ha sido estudiada por muchos autores, en particular por Watson, Eckersley, Slater y muy recientemente Chireix y Bullington, a cuyos trabajos nos referiremos principalmente en nuestros cálculos, en los que el efecto de difracción será en algunas ocasiones muy marcado. Es preciso establecer las fórmulas necesarias en cada caso particular.

4.º Reflexión en tierra.

Consideremos la siguiente ecuación establecida por Norton en sus importantes trabajos sobre Propagación, muy significativa sobre los efectos de la presencia de la tierra sobre la propagación:

$$E = E_0 \left[1 + R e^{j\Delta} + (1 - R) A e^{j\Delta} + \ldots\right]$$

en la que el término E_0, corresponde a la onda directa.

» » » $E_0 R e^{j\Delta}$ » » » reflejada.

» » » $E_0 (1 - R) A e^{j\Delta}$ » » de superficie

y los términos omitidos representan los efectos secundarios de la tierra y efectos de inducción.

Como normalmente el máximo interés estriba en los ángulos muy pequeños, cuando θ se acerca a O, el coeficiente de reflexión R tiende a — 1 para cualquier valor finito de la conductibilidad de la tierra, y el valor exacto de R puede determinarse en todo caso por las fórmulas normales de propagación incluídas en cualquier manual de radio (por ejemplo, Terman).

A_1 coeficiente de atenuación de la onda de superficie depende de la frecuencia, constantes de la tierra y tipo de polarización; es siempre inferior a la unidad, decrece con distancias crecientes y frecuencias aumentantes como indica la ecuación:

$$A \simeq \frac{-1}{1 + j \frac{2\pi d}{\lambda} (\operatorname{sen} \theta + 2)^2}$$

siendo la aproximación dada por la fórmula casi exacta para valores de $A < 0{,}1$ y en todo caso dando un error máximo de + 2 dB.

El ángulo Δ empleado es la diferencia de fase en radianes, resultante de la diferencia en longitud de los rayos directos y reflejado siendo igual a $\frac{4\pi h_1 h_2}{\lambda d}$ radianes, cuando la distancia d entre antenas es mayor que unas 5 veces la suma de las dos alturas de antena h_1 y h_2.

El efecto de la tierra indicado por la ecuación fundamental de Norton indica que la propagación de la onda de tierra se compone de la onda directa, la reflejada y la de superficie. Las dos primeras son normalmente consideradas, y respecto a la onda de superficie, de la que es consecuencia la absorción de la tierra por no ser ésta un perfecto conductor, tiene su importancia práctica restringida a una región por encima del suelo de aproximadamente una longitud de onda sobre tierra y de 5 a 10 longitudes de onda sobre mar. Así, para el margen de frecuencias de 30 a 300 Mc/s, es de importancia muy secundaria, y completamente despreciable a partir de los 300 Mc/s.

Van des Pol llega a conclusiones concordantes que Chireix ha recogido en un importante trabajo, del que a continuación vamos a referinos con la requerida extensión, ya que él nos ha servido de base para los cálculos generales de la gran red nacional.

ELECCIÓN DE VANOS

Nos hemos atenido, en cuanto al emplazamiento de estaciones y elecciones de vanos, a ciertas circunstancias que consideramos muy importantes, tanto desde el punto de vista técnico como desde el económico, y así, para la selección de emplazamientos definitivos deberán regir las siguientes normas:

a) Visibilidad directa entre estaciones. (Habida cuenta de la curvatura de la Tierra.)

Esta condición no excluye en modo alguno la no visibilidad, si bien, limitada a vanos forzosos en que tal condición sea imposible de cumplir (comunicación con islas), o cuando obligase a un emplazamiento de repetidor en puntos claramente inaccesibles sin compatibilidad con otra solución.

b) Vanos del orden del alcance obtenido por visibilidad, o ligeramente más cortas.

Esta condición no fuerza, desde luego, a emplazamientos en puntos muy elevados para conseguir alcances extraordinarios. Los

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

efectos de reflexión y «fading» son más fáciles de producirse en vanos largos, por lo que no resulta muy conveniente la utilización de vanos superiores a una centena y algunas decenas de metros, excepto en el caso de que el perfil, cuidadosamente estudiado, nos permita fundadamente no tener efectos de reflexión.

c) Ausencia de obstáculos junto a las estaciones capaces de producir reflexiones.

d) Nivel de ruidos industriales despreciable en los emplazamientos de los repetidores y muy reducido en las terminales emplazadas dentro de cascos urbanos.

A este efecto, como los equipos de modulación que proponemos son los de corrientes portadoras, recordemos su gran ventaja de permitir extensiones por un simple circuito a 4 hilos en fecuencias bajas del orden de los 60 ó 100 Kc/s., que puede fácilmente establecer en una longitud de unas unidades de Kms., disponiendo los equipos radio en las afueras de la población en las mejores condiciones y situando los equipos de portadoras en las propias oficinas telegráficas, telefónicas o particulares.

CÁLCULOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

Seguimos principalmente en esta derivación de fórmulas el camino de Chireix, complementado con los trabajos de Bullington sobre propagación a través de obstáculos.

Comenzamos por establecer la ley de la «distancia inversa», indicando que una antena semi-onda aislada en el espacio y sin atenuación radiando 1 W, da, a una distancia de D Km., un equivalente de transmisión, de valor aproximado $E_4 = (77\text{-}20 \log_{10} D)$ *d*B. por encima del μV.

La derivación de esta fórmula es, por demás, inmediata y se deduce directamente de las fórmulas generales de Propagación.

El cálculo de las pérdidas por difracción ha sido detenidamente estudiado por Eckersley y Van der Pol, considerando primero emisor y receptor al nivel del suelo y determinando el equivalente de transmisión en estas condiciones, lo que, naturalmente, da un amortiguamiento considerable, dependiente de las características del terreno. Después se tienen en cuenta las ganancias por altura que se restan a las anteriores pérdidas, para tener en cuenta el equivalente neto de tranmisión.

Las ganancias en altura vienen dadas por expresiones diferentes, según que las alturas sean mayores o menores, estableciendo la división, el criterio de Eckersley, dado por

$$A = h\,\lambda^{-2/3} \quad \text{(} h \text{ y } \lambda \text{ en metros)}$$

Para $A > 50$, el caso corresponde a antenas **muy elevadas.**
» $A < 50$, » » » » » **poco elevadas.**

Para las ondas de trabajo que hemos seleccionado, puede considerarse el suelo o el mar como un dieléctrico y tomando como valor de la constante dieléctrica $K = 5$ para la tierra, y $K = 80$ para el mar se deduce en el caso de $A < 50$, para valor aproximado de ganancia en altura.

$$G_A = 20 \log \frac{h}{\lambda} + 8\ d\,B \quad \text{para tierra}$$

$$b_A = 20 \log \frac{h}{\lambda} - 3\ d\,B \quad » \quad \text{mar}$$

Es posible demostrar que la atenuación que debe añadirse a la ley de la distancia inversa para el caso de estaciones poco elevadas sobre una tierra perfectamente plana, vale

$$P_1 = \left[44 - 20 \log_{10} \frac{h_1\ h_2}{\lambda\ D}\right] d\,b \qquad (2)$$

correspondiente a una expresión del campo recibido, de la forma

$$\varepsilon = \frac{h_1\ h_2}{\lambda\ D^2} A$$

Es necesario añadir las pérdidas por difracción, que según los cálculos de Van der Pol pueden estimarse en

$$P_2 = \left[\frac{3\ D}{4\sqrt[3]{\lambda}} - 30 \log_{10} D + 10 \log_{10} \lambda + 30\right] d\,b \qquad (3)$$

Fórmula para el valor del equivalente en el caso de $A < 50$ *en las 2 estaciones.*

Se tendrá para el caso de antenas poco elevadas como valor del equivalente para 1 W. radiado por un dipolo:

$$E_b = E_L - P_1 - P_2 = \left[3 - 10 \log_{10} D - \frac{3\ D}{4\sqrt[3]{\lambda}} - 30 \log_{10} \lambda + 20 \log_{10} h_1 + 20 \log_{10} h_2\right] d\,b \qquad (4)$$

El término $\dfrac{3\ D}{4\sqrt[3]{\lambda}}$ es predominante a distancias algo grandes. Si se hubiese tenido en cuenta la refracción atmosférica normal, este término hubiese pasado a ser $\dfrac{0{,}62\ D}{\sqrt[3]{\lambda}}$ y el equivalente mejoraría. Sin embargo, preferimos no tomar en consideración el efecto favorable de reflexión, como saludable coeficiente de seguridad.

Fórmula empleada para el valor del equivalente en el caso de $A > 50$ *en las 2 estaciones.*

La pérdida que se debe añadir a la ley de la distancia inversa es

$$P_3 = \frac{3\ d}{4\sqrt[3]{\lambda}} + 20\ d\,b \quad . \quad . \qquad (5)$$

con la misma observación que antes respecto a la refracción, representando ahora *d*, el trayecto durante el cual no se ve desde el suelo ni el emisor ni el receptor, suponiendo se excede ligeramente el límite de visibilidad.

Si nos situamos a distancias inferiores a tal límite, pero siempre bastante próximos a él, subsiste la relación anterior, haciendo *d* negativo, pero esto siempre que el resultado de P_3 se conserve positivo.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

El equivalente valdrá ahora, sencillamente:

$$E_a = [E_L - P_3] = \left[57 - \frac{3\,d}{4\sqrt[3]{\lambda}} - 20 \log_{10} D \right] db \quad . \quad (6)$$

Caso de una estación muy elevada y otra no.

Las ganancias en altura son expresiones diferentes y las pérdidas valen:

$$P_4 = \frac{3\,d}{4\sqrt[3]{\lambda}} + \frac{66}{\sqrt{h_1 \lambda^{-2/3}}} - 20 \log_{10} h_2 \lambda^{-2/3} + 35\,db \quad . \quad (7)$$

siendo h_1 la altura de la antena más elevada.

El equivalente de transmisión valdrá:

$$E_{ab} = E_L - P_4 = \left[42 - 20 \log_{10} D - \frac{3\,d}{4\sqrt[3]{\lambda}} - \frac{66}{\sqrt{h_1 \lambda^{-2/3}}} + 20 \log_{10} \left(H_2 \lambda^{-2/3} \right) \right] db \quad . \quad (8)$$

Caso de transmisión a través de elevadas colinas, sin visibilidad.

La modificación a introducir en las fórmulas anteriores por la presencia de colinas, árboles o edificios, impidiendo o no la visibilidad, es muy difícil y casi imposible de estimar, por lo que no se intenta conseguir sino un orden de magnitud de tales efectos.

Bullington trata el caso considerando el obstáculo como un tipo de corte agudo, perfectamente absorbente.

La difracción de las ondas planas sobre tal obstáculo origina una «sombra», traducida en una pérdida, que debe considerarse. Esta pérdida se va acercando a 6 dB cuando se llega al límite de tangencia, aumentando con los valores positivos de la altura del obstáculo. Con valores negativos de la altura (caso de visibilidad con rayo aproximadamente tangente al terreno, si éste no es llano) la pérdida de «sombra» se aproxima a 0 dB de una forma oscilante a medida que la visibilidad se mejora, lo que equivale a decir que se precisa una «claridad» entre línea visual y obstáculo para hallarnos en condiciones de propagación «espacio libre», lo que ha sido detalladamente estudiado y experimentado por Gough en microondas, pueden extenderse los resultados previsibles a ondas mayores. No nos detenemos en estas consideraciones y sólo expresamos el resultado obtenido por Bullington en los casos en que la altura del obstáculo no es exagerada, lo que debe corresponder normalmente a las condiciones prácticas, y esto siempre en el caso en que las alturas de las antenas sean considerables.

La pérdida que precisa añadir es del orden de:

$$P_5 = 20 \log_{10} 25\,db \quad (9)$$

siendo S, la pérdida de sombra producida por una sencilla colina cuya forma fuera el triángulo equivalente circunscrito a los obstáculos diversos que puedan existir.

El cálculo de la pérdida por obstáculo aislado S_1 asimilable a un triángulo, ha sido dado por varios autores, entre ellos, Slatter, y el referido Bullington ha construído ábacos para determinar la pérdida en decibelios, según la distancia relativa y altura del obstáculo. Este ábaco se reproduce en nuestros gráficos (fig. 2), así como el que se refiere a obstáculos combinados para los que hemos dado la fórmula anterior.

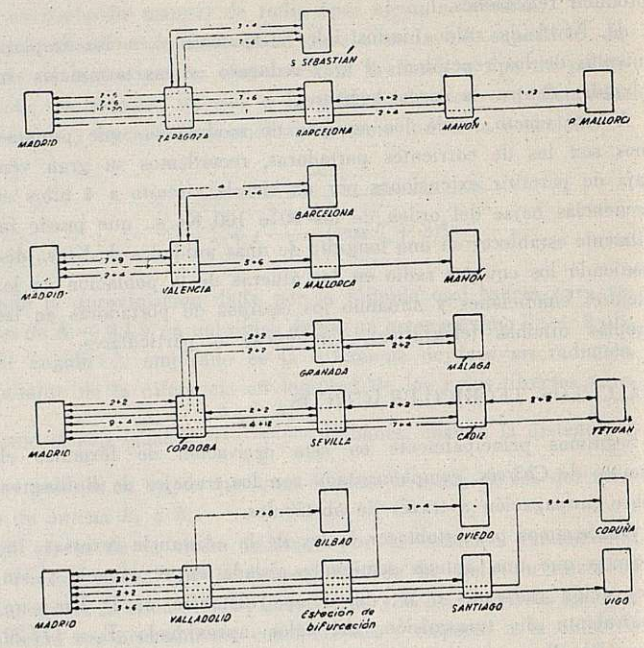


Fig. 2

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN SEÑAL/RUIDO

La potencia de ruido puede expresarse, tomando una banda de frecuencia de 6.000 c/s, R = (10 $\log_{10}$ N-160) dB respecto del watio representando N el factor de ruido, es decir, el número por el cual debe multiplicarse el ruido teórico para obtener el real.

Ahora bien, como la potencia desarrollada en una antena semionda aislada en el espacio y trabajando en cortocircuito viene dada por dB, por (20 . $\log_{10} \lambda$ — 149) dB, respecto del watio, resulta para valor de la relación señal/ruido

$$S/r = 20 \log_{10} \lambda - 10 \log_{10} N + 11\,db$$

Para las ondas proyectadas el factor de ruido puede estimarse inferior a 20, o sea

$$10 \log_{10} N < 3\,db$$

La relación señal/ruido podrá, pues, expresarse, según los casos, llamando g_1 y g_2 las ganancias de los sistemas de antenas, n_r al número de estaciones repetidores, considerando el ruido de diafonía análogo al del receptor (— 3 dB) y llamando M a la ganancia por modulación, en la siguiente forma para 1 W. radiado:

$$S/R = (E + g_1 + g_2 + 20 \log_{10} \lambda - 10 \log_{10} N + M + 8)\,db \quad (10)$$

en donde E representa una cualquiera de las fórmulas (4), (6) u

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

(8). El valor de M puede deducirse, para el caso de modulación de frecuencia considerado, como

$$M = 20 \log_{10} \frac{\Delta f}{F_m} \, d\,b$$

siendo Δf la desviación de frecuencia del canal que interesa, y F_m la frecuencia media de las corrientes en dicho canal.

Al aumentar el número de canales, M disminuye y el número estadístico (probabilidad de que un número de canales sean instalados simultáneamente) actúa favorablemente y su variación aproximada es:

Para 12 canales — 3
Para 60 canales — 6

Nos queda por considerar la pérdida debida a los n vanos formanos por las $(n - 1)$ estaciones repetidoras. La disminución en señal/ruido será $P_6 = (10 \log_{10} n) \, d\,b$ y la fórmula (10) se transforma definitivamente considerando las ganancias por potencia sobre el watio

$$(10 \log_{10} W)$$

$$S/R = \left(E + g_1 + g_2 + 20 \log_{10} \lambda - 10 \log_{10} N + 20 \log_{10} \frac{\Delta f}{F_m} - \right.$$

$$\left. - 10 \log_{10} n + 10 \log_{10} W + 8 \right) d\,b$$

Con esta fórmula se determina la relación señal/ruido en cada vano con una aproximación de unos 10 dB, sin que esto quiera decir que no sean necesarias medidas experimentales de campo, antes de situar convenientemente los emplazamientos definitivos.

Con este criterio se han calculado los vanos mencionados en el proyecto general indicado, por lo que tiene la determinación de puntos de emplazamiento un valor relativo que deberá confirmarse por un estudio cuidadoso de perfiles y medidas experimentales.

INDETERMINACIÓN DEL PLANO DE REFLEXIÓN

El método de Chireix adolece del defecto de que se precisa trazar este plano de una forma aproximada, lo que desconcierta y ofrece dudas sobre la posibilidad de aplicación del sistema.

En este aspecto podemos hacer las observaciones siguientes:

1. Cuando la trayectoria es aproximadamente tangente al terreno o no ofrece duda por ser coincidente.

2. Cuando los puntos son muy elevados, o uno elevado y otro bajo, el criterio seguido debe ser el trazar el plano medio sobre el perfil, en atención a que, aun cuando no es rigurosamente exacto —procedimiento que exigiría meticuloso estudio punto a punto—, el error cometido es muy ligero, aun con apreciaciones muy erróneas en la fijación del plano, como puede verse en el siguiente ejemplo:

a) *Caso de Estaciones muy elevadas.*

Coeficiente que contribuye a la relación señal/ruido por efecto del plano de reflexión:

$$B = 20 \log H_1 + 20 \log H_2$$

Si se han tomado H_1 y H_2 con un error del 20 % aditivo en ambos (caso extremadamente desfavorable e improbable)

$$B + \Delta B = (20 \log 1{,}20 \, H_1 + 20 \log 1{,}20 \, H_2) \text{ dB}$$

de donde

$$B = 40 \log 1{,}2 \text{ dB} = 3 \text{ dB}$$

Este error está considerado en el error total de 10 dB atribuído al cálculo.

b) *Caso de una Estación muy elevada y otra no.*

Considerando los mismos errores cometidos y para $\lambda = 1$ m.

$$B + \Delta B = \frac{66}{\sqrt{1{,}2 \, H_1}} + 20 \log_{10} 1{,}2 \, H_2$$

o sea

$$\Delta B = \left(\frac{6}{\sqrt{H_1}} + 1{,}5 \right) \text{dB}$$

Como $\frac{6}{\sqrt{H_1}}$ no excede en los casos prácticos del valor de unas décimas, se tienen muy aproximadamente

$$\Delta B < 2 \text{ dB}$$

c) *Caso de dos estaciones muy elevadas.*

Las fórmulas en este caso nos indican que la altura no interviene y que el error en estimar la distancia d, puede despreciarse, ya que se debe tomar el caso real.

EJEMPLOS DE APLICACIÓN

Trayecto Benicasim-San Carlos de la Rápita.

Consideramos $g_1 = g_2 = 10$ dB ; $1 = 1$ m. ; $W = 20$ W.
Altura de antenas $h_1 = h_2 = 200$ m. $A = h \lambda^{-2/3}$
$A > 50$, estamos en el caso de **antenas muy elevadas.**

La fórmula a emplear será:

$$S/R = \left(57 - \frac{3}{4} \cdot \frac{d}{\sqrt[3]{\lambda}} - 20 \log_{10} D + g_1 + g_2 + 20 \log_{10} \lambda - \right.$$

$$\left. - 10 \log_{10} N + 20 \log_{10} \frac{\Delta f}{F_m} - 10 \log_{10} n + 10 \log_{10} W + 8 \right) d\,b$$

Evaluemos la cantidad $\frac{3}{4} \cdot \frac{d}{\sqrt[3]{\lambda}} + 20$, viendo obtenemos un resultado positivo superior a 20. Deberemos entonces omitir el término citado, añadiendo 20 dB al resultado. Así, siendo $\Delta f = \frac{300}{3}$ (3 n.º estadístico)

$$S/R = 77 - 20 \log_{10} 72 + 10 + 10 + 0 - 3 + 20 \log_{10} \frac{100}{60} -$$

$$- 10 \log_{10} 6 + 10 \log_{10} 20 + 8 = 92 \text{ dB}$$

Ampliamente superior a los 60 dB, convenientes de relación señal/ruido, pero que conservamos en un margen tan amplio, primero por razones de distribución de los otros vanos, segundo para prevenir posibles «fadings» por la naturaleza del terreno con ex-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

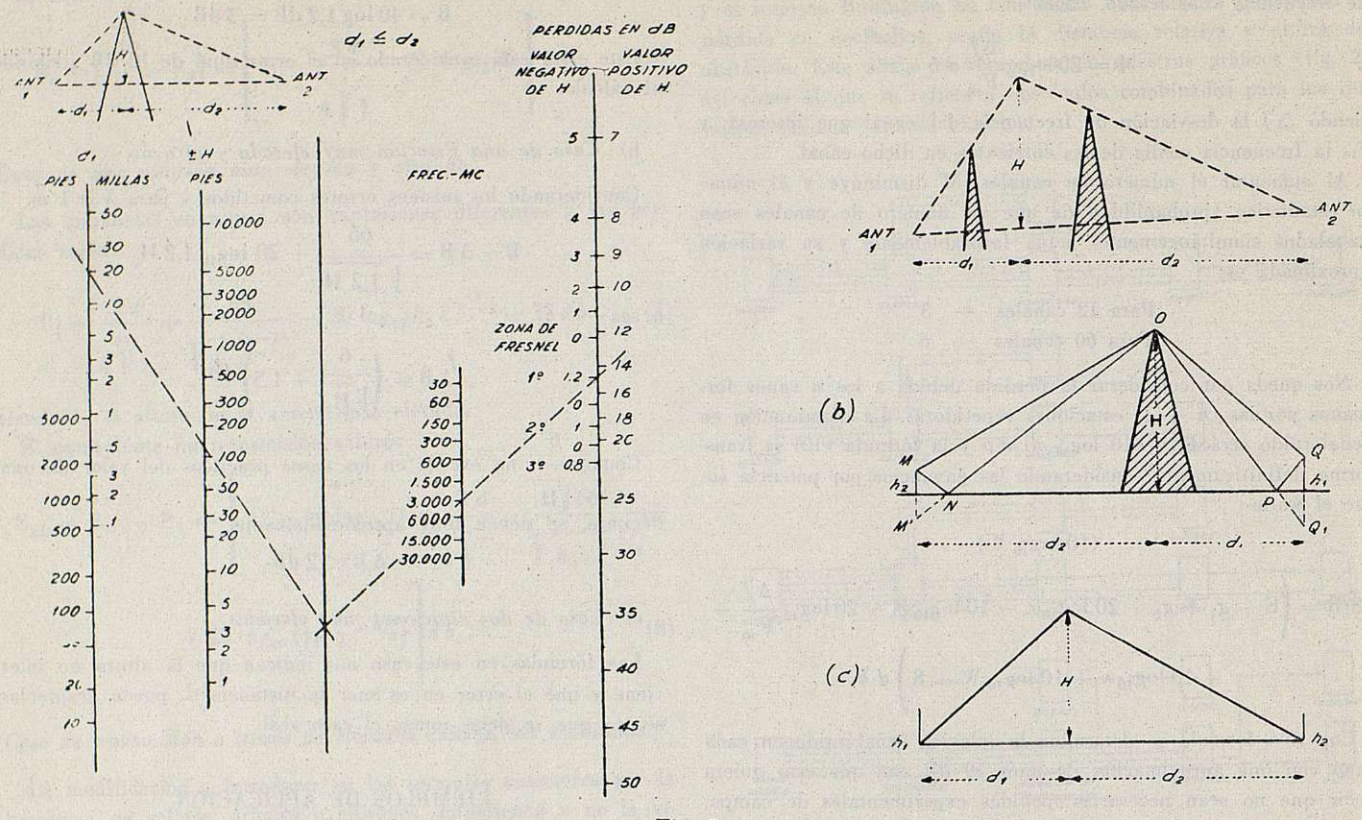


Fig. 3

ceso de visibilidad, y tercero para tener un margen de elección en los emplazamientos por posibles dificultades de instalación.

Trayecto Madrid-Cercedilla.

Altura de antenas: $h_1 = 1.300$ m. ; $h_2 = 30$ m.

Corresponde este caso a una antena elevada y otra no.

La fórmula observada que se debe emplear será, con análoga observación que en el caso anterior:

$$S/R = \left(62 - 20 \log_{10} D - \frac{66}{\sqrt{h_1}} + 20 \log_{10} h_2 + g_1 + g_2 + \right.$$

$$\left. + 20 \log_{10} \lambda - 10 \log_{10} N + 20 \log_{10} \frac{\Delta f}{F_m} - 10 \log_{10} n + 10 \log_{10} W + \right.$$

$$\left. + 8 \right) dB =$$

$$62 - 34 - 0 + 29 + 10 + 10 + 0 - 3 + 4 - 7 + 30 + 8 = 109 \text{ dB}$$

relación excesiva, pero, que, por razones de visibilidad hacia el Norte no podemos reducir aumentando el vano. Tampoco conviene disminuir la potencia (lo que originaría un descenso de 10 dB, en el caso de reducción a 10 W.), por tratarse del terminal Madrid y por consideraciones de unificación del material.

PLAN GENERAL DE COMUNICACIONES

Es claro, que antes de trazar imaginarios esquemas de posibles redes se hace necesario tener en cuenta las actuales necesidades y las previsiones para el futuro.

España, como sabemos, posee sus más importantes ciudades situadas en el litoral de sus distintas costas. Únicamente en la región central puede tenerse en cuenta Madrid y alguna otra población de importancia en un escalón de desarrollo estratégico. Según esto, no hay duda de que una distribución radial, con formación de algunos pequeños polígonos cerrados, es el sistema de red adecuado; buena prueba de ello es que las redes en servicio tienen esta contextura.

Por ello, hemos dibujado cuatro rutas que prácticamente cubren el territorio nacional (fig. 3). En este mapa tenemos nuestra red: la línea núm. 1 o del Nordeste, que parte de Madrid y llega a Zaragoza, donde se verifica una segregación de canales; un conjunto hacia Barcelona y otra sublínea hacia San Sebastián.

Línea núm. 2 o de Levante. Enlaza Madrid-Valencia con dispositivo de segregación para enlazar Palma de Mallorca, Mahón y Barcelona.

Línea núm. 3 o del Sur, llega desde Madrid a Córdoba, que se considera el punto de segregación o bifurcación para cubrir la sublínea Granada-Málaga y la Sevilla-Cádiz-Tetuán.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

SISTEMAS DE MODULACIÓN POR IMPULSOS

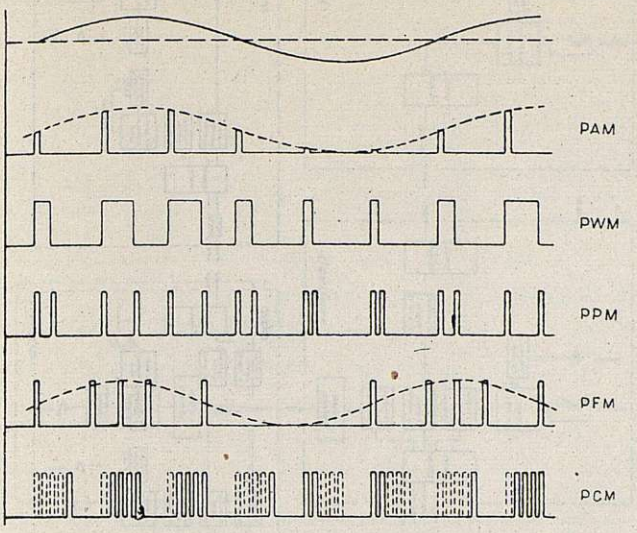


Fig. 4

Y línea núm. 4 o del Norte-Noroeste. Se llega a Valladolid, donde se hace la segregación de canales para Bilbao.

La línea del Noroeste se toma en Valladolid-León-Santiago, donde bifurca a Coruña y Vigo.

Puede observarse que no cerramos los polígonos, cuyos vértices son Bilbao-San Sebastián, ni tenemos enlace con Santander por esta red, pero no hay duda de que las centrales actuales pueden ser utilizadas para entregar señal a cualquiera de los puntos más próximos hasta tomar la nueva red.

EXAMEN DE LA LÍNEA NÚM. 1

En esta línea se ha hecho un desarrollo, teniendo en cuenta las necesidades complementarias para atender a las exigencias planteadas en estos momentos, dejando también posibilidades de futuras ampliaciones.

En términos generales, Madrid dispondrá de 16 canales telefónicos directos con Barcelona, 7 directos con San Sebastián que se segregan en Zaragoza, 7 con esta misma ciudad, 1 con Mahón y 2 con Palma de Mallorca (fig. 4).

Del mismo modo se reservan, para transformar en canales telegráficos, un cierto número de canales, según se indican en el diagrama de la línea: 1 para Palma, que se equipa para 4 telegráficos; 4 para Barcelona, de los que se equipan 20 de los 36 disponibles; 1 para San Sebastián, equipando 6, y otro para Zaragoza, equipado también para 6.

Con objeto de no centralizar servicios, y puesto que es sumamente fácil hacer estas combinaciones, Barcelona, Zaragoza y San Sebastián comunican entre sí, del mismo modo que también lo pueden hacer Barcelona con Mahón y Palma, y Mahón con Palma.

Para el enlace Zaragoza-Barcelona, se tienen 7 canales telefónicos y un canal telefónico distribuído en telegráficos, de los que se equipan 6.

PERFILES DE COMUNICACIONES

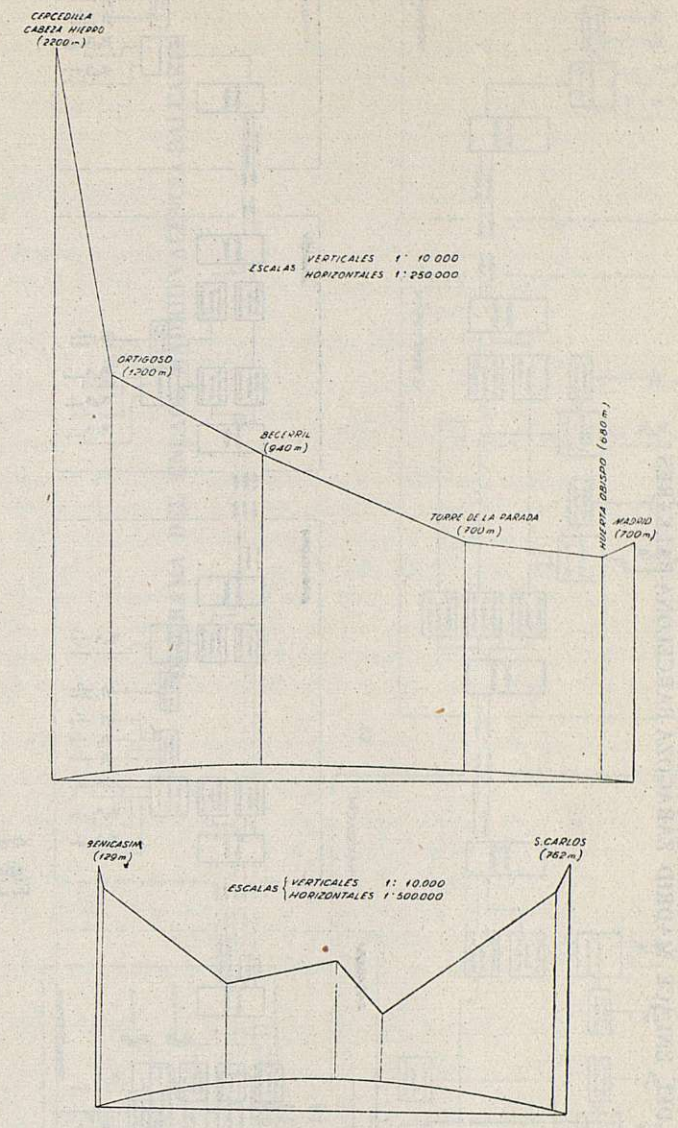


Fig. 5

El mismo número de canales se ha estimado para los enlaces San Sebastián-Barcelona.

Para San Sebastián-Zaragoza hay 3 telefónicos y 4 telegráficos.

De esta forma necesitan una serie de elementos en cada estación, según se indica en la figura. En la forma simbólica que hemos utilizado para representación se han indicado los canales telefónicos y los telegráficos, señalando a su lado el número de comunicaciones.

Se puede ver también que los equipos de portadoras, lo mismo el telefónico que el submodulador de canales telegráficos, tiene elasticidad suficiente para permitir una reserva de futuras comunicaciones que todavía no creemos fuesen necesarias.

Todos los equipos de portadoras permiten ir equipando canales por grupos de 3 ó 5, y así se han señalado también las inmediatas necesidades.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

DIAGRAMA DEL ENLACE MADRID- ZARAGOZA-BARCELONA-BALEARES

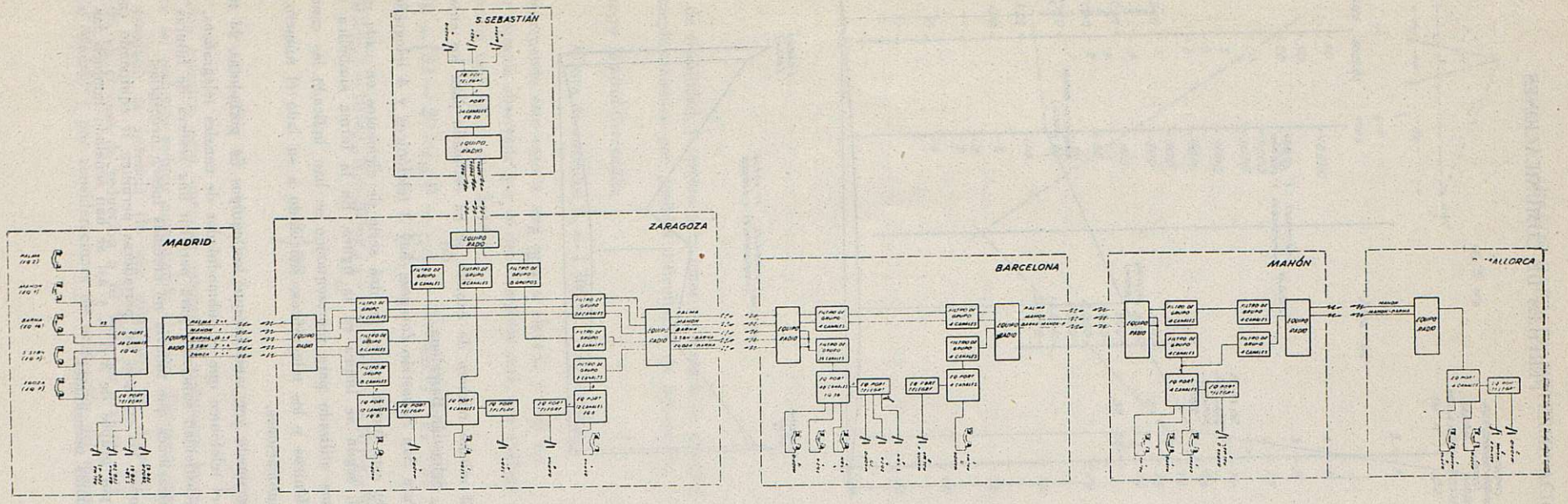


Fig. 6

DIAGRAMA DEL ENLACE MADRID-CÓRDOBA-SUR-MARRUECOS

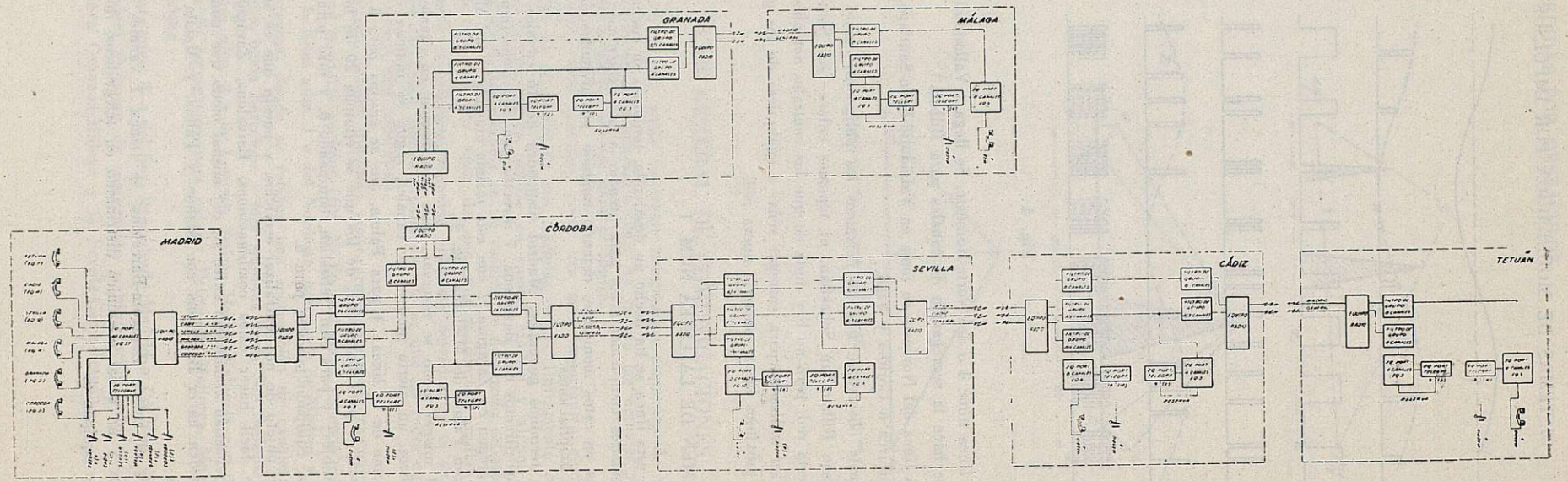


Fig. 7

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

DIAGRAMA DEL ENLACE MADRID-VALLADOLID-NORTE

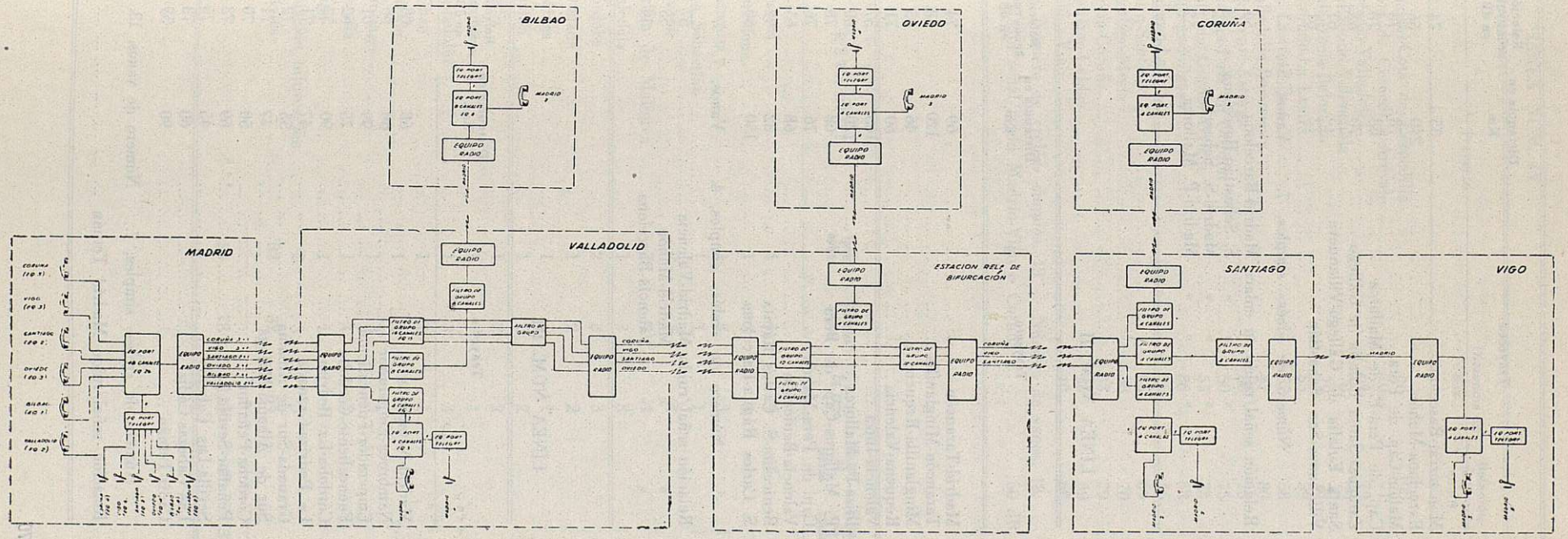


Fig. 8

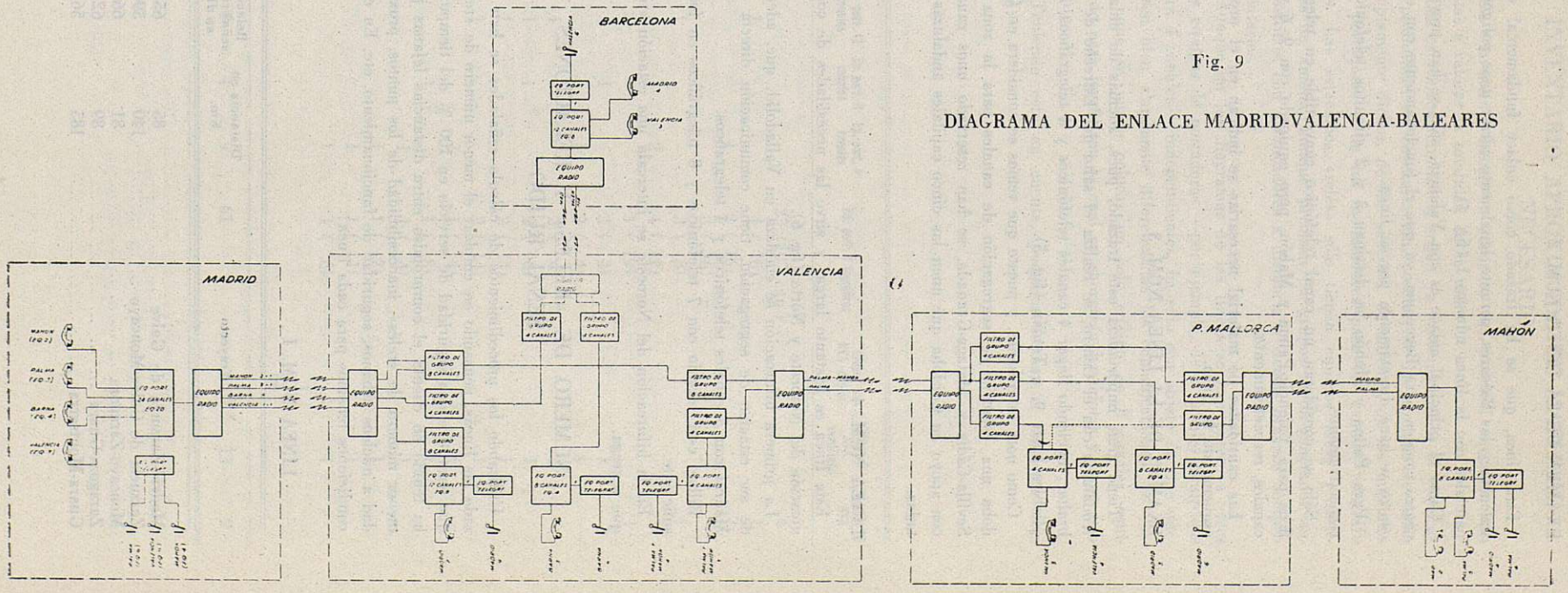


Fig. 9

DIAGRAMA DEL ENLACE MADRID-VALENCIA-BALEARES

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

EXAMEN DE LA LÍNEA NÚM. 2

Esta línea, que se ha trazado como enlace fundamental con Valencia y las Baleares, permite igualmente cerrar unos polígonos parciales con la línea número 1 (fig. 4).

Como el principal enlace es con Valencia, sólo se han previsto cuatro canales para Barcelona, ya que el funcionamiento con este centro se hace directamente por su línea.

Para Palma y Mahón se destinan 3 y 2 circuitos telefónicos, respectivamente.

Sólo se consideran un canal telefónico convertible en telegráficos para Valencia-Palma y Mahón, pero equipado con 9, 6 y 4 canales, respectivamente.

Las cantidades de material necesarias se indican en el propio esquema de la línea.

EXAMEN DE LA LÍNEA NÚM. 3

Tiene gran importancia este trazado, pues, además de enlazar Andalucía con el Centro, se realiza el salto del Estrecho de Gibraltar, haciendo llegar 4 canales telefónicos y 4 telegráficos, ampliables hasta 9, a Tetuán (fig. 5).

Como nota interesante, y puesto que vemos se considera en Córdoba una estación de segregación de canales para la zona de Sevilla-Cádiz y Málaga-Granada, se han reservado unos canales con apoyo en Córdoba que unen las cinco capitales andaluzas citadas.

LÍNEA NÚM. 4

Esta línea es bastante larga, y sirve las necesidades de comunicación del Noroeste y Norte (fig. 6).

La primera bifurcación se emplaza en Valladolid, que, además de ser estación de segregación, tiene comunicación directa con Madrid con 3 canales telefónicos y 4 telegráficos.

Bilbao está servido con 7 telefónicos y 8 telegráficos en forma suficiente.

En la bifurcación del Noroeste se intercala una estación «relé» que segrega.

NÚMERO DE «RELÉS» Y RELACIONES SEÑAL/RUIDO

Utilizando los procedimientos de cálculo señalados se han trazado las líneas, pensando en emplear el menor número de «relés» que garantice una seguridad de servicio en 100 % del tiempo. Se ha tenido en cuenta el compromiso entre distancias lejanas para menor número de «relés», inaccesibilidad de los puntos, proximidad a núcleos urbanos, seguridad de funcionamiento, etc. En estas condiciones tenemos para cada línea:

LÍNEA NÚM. I

Trayecto	Distancia en Km.	Relación señal/ruido en dB.
Madrid-Zarzuela de Galve	85	65
Zarzuela de Galve-Moncayo	140	59
Moncayo-Zaragoza	81	66
Zaragoza-Guara	89	62
Guara-Montserrat	185	56
Montserrat-Barcelona	35	74
Barcelona-Mahón	240	56
Mahón-Cap. de Pera	78	76
Cap. de Pera-P. de Mallorca	68	78
Zaragoza-Santa Eulalia de Gállego	70	63
Santa Eulalia de Gállego-Villanueva	75	61
Villanueva-San Sebastián	72	61

Número de «leés» simples, 7. Vanos, 11.

Relación señal/ruido en enlace Madrid-Barcelona ... ... 54 dB.
» » » » S. Sebastián-Barcelona ... 53
» » » » Madrid-S. Sebastián... ... 52
» » » » Madrid-P. Mallorca 52

LÍNEA NÚM. II

Trayecto	Distancia en Km.	Relación señal/ruido en dB.
Madrid-Tarancón	69	74
Tarancón-Minglanilla	120	58
Minglanilla-Requena	46	65
Requena-Valencia	60	71
Valencia-Ibiza	165	57
Ibiza-P. Mallorca	120	60
P. Mallorca-Cap. de Pera	68	78
Cap. de Pera-Mahón	76	76
Valencia-Benicasim	68	65
Benicasim-S. Carlos Rápita	82	92
S. Carlos Rápita-Barcelona	150	60

Número de «relés» simples, 4. Vanos, 7.

Relación señal/ruido Madrid-Valencia ... ... 57 dB.
» » Madrid-Mahón ... ... 55 dB.
» » Valencia-Barcelona ... ... 59 dB.

LÍNEA NÚM. III

Trayecto	Distancia en Km.	Relación señal/ruido en dB.
Madrid-Nambroca	68	68
Nambroca-Emperador	60	66
Emperador-Fuencaliente	99	61
Fuencaliente-Córdoba	75	62
Córdoba-La Pedriza	90	57
La Pedriza-Granada	47	71
Granada-Sur de Alhama	55	72
Sur de Alhama-Málaga	47	71
Córdoba-Peñaflor	50	70
Peñaflor-Sevilla	69	73
Sevilla-Las Cabezas	45	75
Las Cabezas-Cádiz	60	73
Cádiz-Tetuán	90	59

Número de «relés» simples, 7. Número de vanos, 13.

Relación señal/ruido Madrid Tetuán 53

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

LÍNEA NÚM. IV

Trayecto	Distancia en Km.	Relación señal/ruido en dB.
Madrid-Cota de Cercedilla	53	100
Cota de Cercedilla-Arévalo	70	71
Arévalo-Valladolid	64	75
Valladolid-Valenzuela	70	72
Valenzuela-Belorado	79	73
Belorado-La Lastra	55	59
La Lastra-Bilbao	52	58
Valladolid-Benavente	47	80
Benavente-Astorga	60	73
Astorga-Pola de Gordón	50	75
Pola de Gordón-Oviedo	55	73
Astorga-Folgoso	86	68
Folgoso-Lalín	75	56
Lalín-Santiago	45	69
Santiago-Mesía	38	70
Mesía-Coruña	33	79
Santiago-Caldas	35	69
Caldas-Vigo	40	68

Número de «relés» simples, 13 Número de vanos, 18.

Relación señal/ruido Madrid-Vigo o Coruña ... ... 50 dB.

INVENTARIO APROXIMADO DE MATERIAL NECESARIO

Es conveniente hacer un recuento del material necesario con vistas a valorar la totalidad de la red.

Las estaciones terminales, según ya hemos indicado al explicar la posibilidad de comunicación, constan de los equipos de radio propiamente dichos, de los sistemas de antenas, de las unidades de portadoras y de los moduladores para los canales telegráficos. Las estaciones «relés» sólo tienen equipos radio y sistemas de antena, aunque precisan de grupos motor-generador automáticos, con arrancadores a distancia y demás órganos complementarios.

Aunque en los diagramas de las líneas se han puesto a veces dos equipos de portadoras —por ejemplo, de 8 canales equipados para 4 canales— independientes, ha sido con objeto de que quedasen bien claramente diferenciadas las comunicaciones. Es claro, que se puede colocar un solo equipo de 8 canales equipado para los 8, con lo cual se ahorrarán bastidores y otros conjuntos.

Teniendo esto en cuenta, podemos formar el siguiente cuadro:

ESTACION	Torres antena	Sistemas antenas	Eq. radio	Eq. port. 48 canales	Eq. port. 24 canales	Eq. port. 12 canales	Eq. port. 8 canales	Ep. port. 4 canales	Eq. port. telegráficos	Grupos 5 KVA dobles	Grupos 5 KVA sencillos	Grupos 10 KVA
Madrid	4	4	4	3	1				23 (107 can)			4
Barcelona	1	3	3	1		1			4 (16)			1
Zaragoza	1	3	3		1			1	3 (16)			1
San Sebastián	1	1	1		1				3 (16)		1	
Mahón	2	4	4			1			3 (8)			1
Palma de Mallorca	2	4	4				1	2	4 (12)			1
Valencia	1	3	3			2			3 (19)			1
Córdoba	2	3	3				1		2 (4)		1	
Granada	1	2	2					1	2 (4)		1	
Málaga	1	1	1			1			2 (4)		1	
Sevilla	1	2	2			1	1		2 (6)		1	
Cádiz	1	2	2			1			2 (14)		1	
Tetuán	1	1	1			1			2 (14)		1	
Valladolid	1	3	3					1	1 (4)		1	
Bilbao	1	1	1				1		1 (8)		1	
Oviedo	1	1	1					1	1 (4)		1	
Santiago	1	3	3					1	1 (2)		1	
Coruña	1	1	1					1	1 (4)		1	
Vigo	1	1	1					1	1 (6)		1	
Estación bifurcación	2	3	3							1		
«Relés»	32	32	64							64		
	59	78	110	4	3	8	4	9	61	65	13	9

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Se puede hacer un adelanto de presupuesto general en la forma siguiente:

Material

Torres de antena, 59 a 40.000,— ptas.	2.360.000,— ptas.
Sistemas de antena, 79 a 16.000,—	1.264.000,— »
Equipos de radio, 6 de 100 W., a 200.000,— ...	1.200.000,— »
Idem íd. 104 de 20 W., a 150.000,—	15.600.000,— »
Equipos portadoras 29, precio medio 400.000,—	11.600.000,— »
Idem íd. telegrafía	8.056.000,— »
Grupos electrógenos	8.570.000,— »
Accesorios, herramientas, repuestos y aparatos especiales	2.500.000,— »
TOTAL MATERIAL	51.150.000,— ptas.

Gastos especiales

Montaje en estaciones fijas	1.800.000,— ptas.
Montajes de «relés»	2.750.000,— »
Campaña de medida intensidad de campo para determinación emplazamiento de «relés» ...	3.500.000,— »
	8.050.000,— »
Edificios nuevos de «relés» y obras especiales.	2.600.000,— »
TOTAL PUESTA A PUNTO DE LÍNEA	61.800.000,— ptas.

COMPARACIÓN ENTRE EL SISTEMA DE TELECOMUNICACIÓN POR HILOS Y EL DE ENLACES POR RADIO

Como final hemos querido realizar una comparación entre los sistemas de Telecomunicación por hilos físicos y con enlaces-radio, llegando a estas evidentes conclusiones:

a) *Comunicación por línea telegráfica corriente*	*Comunicación por radio*
En condiciones normales de funcionamiento una línea común telegráfica, es susceptible de admitir una sola comunicación.	El enlace por radio permite tan elevado número de comunicaciones simultáneas como se deseen.
Una línea para alta frecuencia permite un limitado número de comunicaciones simultánea, y su coste es tanto más caro cuanto mayor es el número de vías disponibles.	La posibilidad de futuras ampliaciones existe en todo momento.
Son muchas las interrupciones causadas por fenómenos atmosféricos u otros agentes sobre las líneas (postes y conductores) que suprimen totalmente la comunicación en períodos más o menos largos.	No existen estos inconvenientes.
Las derivaciones a tierras más o menos resistentes, frecuentísimas por choques con ramas en líneas aéreas, hacen precaria la comunicación en múltiples ocasiones.	Idem íd.
Es costumbre en estos servicios realizar recorridos semanales y revistas mensuales por personal de vigilancia para inspeccionar el estado de la línea.	Idem íd.
La seguridad en la transmisión por línea es grande. Se ve afectada, no obstante, por inducciones o descargas atmosféricas.	La posibilidad de avería por enlaces de radio es prácticamente nula por estos factores.
Los gastos de constitución de una línea aérea preparada para transmisión en alta frecuencia son considerablemente elevados. El entretenimiento es un gasto permanente muy costoso.	No existen estos gastos.
Los gastos de los equipos terminales de baja frecuencia dependen del número de canales utilizados.	Estos gastos y equipos son iguales en ambos sistemas.
Cada 120 Kms., aproximadamente, se precisa disponer de una instalación de repetidores de baja frecuencia. No precisa atención permanente.	Cada 90 kilómetros, aproximadamente, se precisa disponer de una instalación de repetidores de alta y baja frecuencia. No precisa atención permanente.
No precisan equipos terminales de alta frecuencia.	Se precisan equipos terminales de alta frecuencia.
La instalación interior puede ser de cualquier tipo de aparato telegráfico.	Igual en ambos sistemas.

En la anterior comparación se desprende que *técnicamente* supera el servicio de enlaces por radio al de enlaces por línea, desde el punto de vista de seguridad y continuidad en la comunicación. (La calidad en funcionamiento normal es la misma.)

Económicamente será un dato que precisa establecer de la comparación que resulte de los gastos diferentes de uno y otro equipo, eliminando los iguales, o sea muy aproximadamente:

Equipos de canales-línea.	*Equipos de canales-radio.*
a) Coste total de la línea que se instale.	*a*) Coste total de equipos de radiofrecuencia terminales, incluídos antenas y mástiles.
b) Coste de estaciones repetidoras.	*b*) Coste de estaciones repetidoras con antenas y mástiles.
c) Gastos de entretenimiento de la línea.	

Por ser los gastos más importantes en los enlaces-radio los del equipo de portadoras de baja frecuencia, que son comunes a ambas instalaciones, la comparación es claramente favorable a los referidos enlaces por radio en la inmensa mayoría de los casos.

Dado que las actuales líneas están en un estado que sus apoyos no soportarían nuevos tendidos y que deberían prepararse convenientemente todos los circuitos en forma individual y para el conjunto total, supondremos al hacer la comparación económica como si los tendidos fuesen completamente nuevos.

Si únicamente consideramos una línea aérea constituída por 4 circuitos para radiofrecuencia, bien preparados, para tener 24 circuitos disponibles se tendría:

Coste aproximado por Km.	30.000,— ptas.
Longitud total de los tendidos	3.030 Km.
Coste total de la línea	90.900.000,— ptas.
Coste de los equipos de portadoras	19.600.000,— »
12 estaciones repetidoras	1.200.000,— »
Accesorios para los equipos	500.000,— »
TOTAL LÍNEA Y EQUIPOS	112.200.000,— ptas.

Gastos especiales.

Montaje de estaciones fijas	900.000,— ptas.
Montaje de repetidores	360.000,— »
Edificaciones para repetidores	120.000,— »
TOTAL PUESTA A PUNTO DE LA LÍNEA ...	113.580.000,— ptas.

Se ve fácilmente que el coste inicial de nuestra red de radioenlaces es el 54 % del importe de la solución con líneas.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

GASTOS DE ENTRETENIMIENTO

En las líneas bien vigiladas y entretenidas, el importe de tales servicios llega a veces a alcanzar hasta el 10 % del coste de la línea; y hecho el cálculo a base de los inevitables recorridos y revistas de línea con pocas averías, resulta para el caso de línea física unas 800.000,— ptas. anuales.

Dada la simplicidad de los equipos de radio usados, y teniendo en cuenta, para que la comparación sea racional, las revisiones hechas en estaciones «relés», tendríamos un gasto anual de 100.000,— ptas., aproximadamente.

No hay duda de que estas cifras, tomadas de estadísticas diversas sobre la cuestión, aclaran, sin lugar a dudas, cuantas observaciones hicimos sobre las innegables ventajas de toda índole que poseen estos sistemas de comunicación.

Como final, debemos hacer constar que aunque el proyecto ha sido tratado con suficiente extensión en su aspecto teórico, no se ha hablado en absoluto de los futuros usuarios de la red.

Tal como está concebida puede ser aprovechada de forma muy diversa: en colaboración por todos los organismos oficiales con la D. G. de Telecomunicación, como red potencial militar explotada en paz por la D. G. de Telecomunicación, o bien en común por el organismo anterior con la Compañía Telefónica para completar las escasas vías actuales de comunicación.

Debemos fijarnos en que se ha hablado, en general, de canales telefónicos, pero combinando algunos de ellos se pueden tener canales típicos de otros servicios, tales como los de Telemando y Telemedida que sirvan a las necesidades de correcta distribución de la energía eléctrica.

No hay duda de que a determinadas horas pueden utilizarse determinado conjunto de canales (con las unidades complementarias precisas) para servicios de Telefotografía.

Por último, es claro que los emplazamientos y cierta cantidad de instalaciones serían comunes para un posible cable hertziano entre Madrid y otras poblaciones importantes para un plan de Televisión Nacional.

Marzo 1950.

El Presidente abre debate sobre el tema, en el que interviene el Sr. Ruiz Gopegui, quien desea demostrar un punto de discrepancia y otro de conformidad con las ideas expuestas en el estudio anterior.

La disconformidad, dice, es respecto a la afirmación de que la única solución de las redes de telecomunicación sean los enlaces de frecuencias ultraelevadas, pues, por el contrario, estima que es de necesidad utilizar todos los medios y recursos que la técnica ofrece: líneas aéreas, cables submarinos, enlaces-radio por onda corta, etc. No se puede prescindir de ninguno de ellos, ya que el problema estriba en coordinarlos todos, atendiendo a la eficiencia y a la economía. Los enlaces con ondas dirigidas complementarán los medios clásicos, pero no los suplantarán. Recuerda que, cuando se establecieron las primeras comunicaciones trasatlánticas por radio, hubo quienes pronosticaron la muerte de los cables submarinos, y la realidad es que hoy están instalados más que entonces.

En cambio, está completamente de acuerdo con el aserto de que la economía nacional no puede soportar la dispersión de medios que supone multiplicar las redes de telecomunicación para el uso exclusivo de las diferentes entidades, tanto más, cuanto que se da el caso de que las existentes están explotándose a un porcentaje muy bajo de su actual capacidad. Tal situación es insostenible, cualquiera que sea el ángulo visual desde el que se la considere, pero en este punto se remite a dos trabajos que tiene presentados al Congreso, en los cuales aborda de lleno la cuestión.

El señor Ruiz de Gopegui felicita a los autores del trabajo, que es de gran oportunidad: En efecto, en el estado actual de la técnica, todo hace pensar que los haces dirigidos en frecuencia ultraelevada, no sólo tienen porvenir brillante, sino que se adaptan magníficamente a la especial topografía de España, y, por otra parte, dada la situación geográfica que tenemos, España tiene que ser forzosamente un puente de paso para las comunicaciones que de este modo se quieren establecer entre Europa y África.

El señor Ramil le contesta diciendo que en su estudio no se proyecta la sustitución de todas las redes de telecomunicación existentes por la Red-base propugnada.

Tal Red no podría cubrir todos los servicios, y, de conformidad con lo manifestado por el señor Ruiz de Gopegui, ha de ser complementado con otras instalaciones. Está el ejemplo de las comunicaciones entre Madrid y Barcelona, que resultarían más económicas de resolverse para las necesidades futuras, por medio de ondas dirigidas que por tendidos de cable, que exigirían más de treinta canales en un porvenir no lejano. Además, muestra la identidad de los puntos establecidos en el trabajo y las apreciaciones del señor Ruiz de Gopegui.

Terminado este debate, se pasa a la lectura del trabajo siguiente, que, por delegación de su autor, lee el Secretario de la Mesa:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 176. - El sistema compresor-turbina. Su cálculo y aplicaciones

Autor: D. CARLOS SÁNCHEZ TARIFA
Ingeniero Aeronáutico

INTRODUCCION

En esta Memoria trataremos del sistema compresor-turbina trabajando en el ciclo de Brayton, o de combustión a presión constante con expansión hasta la presión inicial. El motor así formado se conoce generalmente con la denominación de «Turbina de gas»; aplicándose también este nombre a la turbina propiamente dicha del motor.

Para evitar confusiones, hemos seguido las denominaciones consagradas con el uso, y ya prácticamente en vías de reconocimiento oficial.

Designamos «turborreactores» a los motores de avión formados por una turbina de gas, en la que se aprovecha directamente la energía cinética residual de la turbina como chorro propulsor. Por «turbohélice» entendemos el sistema moto-propulsor formado por una turbina de gas en la que se aprovecha la energía residual de la turbina para el accionamiento de una hélice, pudiendo ayudar también a la propulsión la energía cinética que aún resta después de la turbina. Aunque no muy de acuerdo con el nombre, designamos «motores de reacción» a todo aquel sistema moto-propulsor que se vale directamente de la energía cinética de un chorro de gases procedente de la combustión para realizar la propulsión.

Por la falta material de tiempo hemos tenido que tratar muy brevemente algunas cuestiones, a las que hubiéramos querido dedicar mayor espacio, como, por ejemplo, acontece con las vibraciones de los álabes en los compresores y turbinas, problemas de regulación, incrementadores de empuje y algunas otras cuestiones.

Por último, hemos de destacar el agradecimiento que debemos a algunos alumnos de 5.º curso de la Academia de Ingenieros Aeronáuticos, a quienes recientemente tuvimos el gusto de darles un curso en la Academia sobre Motores de reacción. Los señores Sáenz Insausti y Ramírez Gómez han extractado de nuestros apuntes la parte correspondiente al estudio termodinámico de la turbina de gas (Capítulos III y IV), con inclusión de algunas aportaciones propias. Al señor Gómez Moreno se debe gran parte del Capítulo VI, y el señor Salas Larrazábal ha sido el verdadero autor y redactor de la parte que trata de los ciclos industriales de la turbina de gas.

PRIMERA PARTE

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE COMPRESORES AXILES Y TURBINAS DE GAS

I

COMPRESORES AXILES

Antecedentes

Es bastante antigua la idea de utilizar el proceso inverso del funcionamiento de una turbina de reacción para comprimir aire. En el año 1847, el francés Burdin bosquejó un proyecto de compresor axil y Tournaire, completando los trabajos anteriores, presentó en la Academia de Ciencias francesa un estudio sobre estos compresores. En Inglaterra, Parsons proyectó su primer compresor axil en el año 1884, desarrollando la Compañía Parsons Co., más de 30 modelos hasta el año 1908.

En todos estos primeros ensayos se obtuvieron muy malos resultados, debido al desconocimiento que existía de las teorías en que se basa el funcionamiento de los compresores axiles. Se empleaban unos escalonamientos análogos a los de las turbinas de reacción de vapor, con grados de compresión completamente inadecuados, por lo cual los rendimientos que se conseguían eran tan bajos, que resultaban inaceptables.

Desde el punto de vista aerodinámico, es mucho más fácil proyectar correctamente una turbina que un compresor. Esto se debe a que la expansión de un gas siempre es estable, mientras que en una compresión, al existir un gradiente de presión contrario a la marcha general del flúido, con efecto perjudicial máximo en la capa límite, puede dar lugar a que se produzcan fenómenos de inestabilidad. Esto obliga a que este último proceso haya que efectuarlo mucho más gradualmente; pero, no obstante, en todos los compresores se presenta el fenómeno de «bombeo» o de inestabilidad y cambio de sentido de la corriente de los gases, producido cuando se supera un gradiente de presión límite, que viene fijado por el tipo de compresor y condiciones de funcionamiento. Además, el diseño de un compresor axil ha de ser muy cuidadoso. Los cambios de sección han de ser efectuados muy

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

gradualmente, para que el flúido no se «despegue» de las paredes, y deberán evitarse en absoluto que puedan presentarse velocidades locales iguales o superiores a la del sonido, ya que se producirían inmediatamente ondas de choque y desprendimiento de la capa límite. En cambio, en una expansión no hay inconveniente alguno en funcionar con números de MACH superiores a la unidad y, además, el gas se adapta con mucha mayor facilidad a los cambios de sección. Basta considerar que un compresor axil, funcionando como turbina, puede proporcionar fácilmente rendimientos del orden de 0,80, mientras que pretender conseguir el caso inverso sería por completo inadmisible.

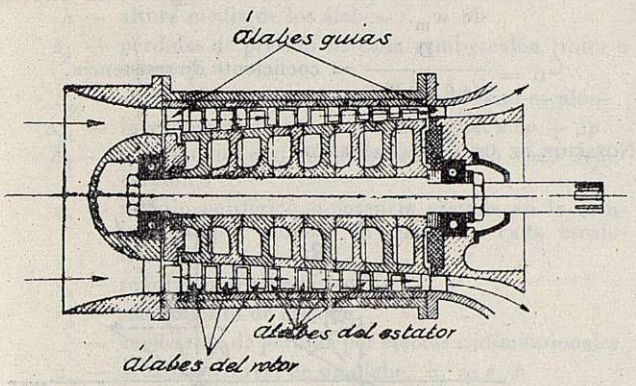


Fig. 1.—*Esquema de un compresor de circulación axil.*

Los progresos de este tipo de máquinas no comenzaron hasta pasado el año 1926, cuando el doctor A. A. GRIFFITH dió a conocer su teoría aerodinámica sobre perfiles de compresores y turbinas. En colaboración con el Ministerio del Aire inglés y con el Aeronautical Research Committee, se construyó una unidad experimental formada por una turbina y un compresor axil de un escalonamiento, obteniéndose muy buenas características en los ensayos efectuados. No obstante, la aplicación efectiva de este tipo de compresores en los turbopropulsores y turbohélices no comenzó en Inglaterra hasta el año 1936.

En los Estados Unidos la casa Westinghouse experimentó y construyó diversos tipos de compresores a partir del año 1906,

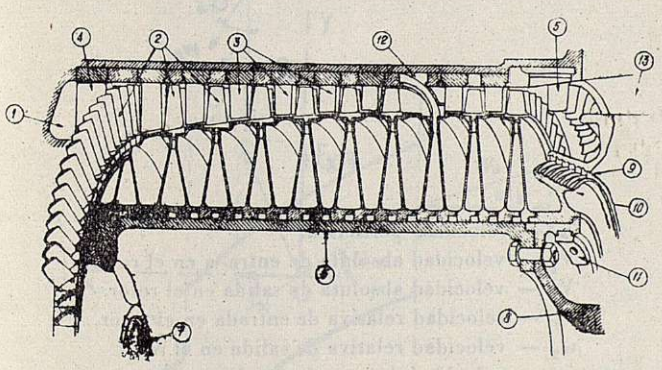


Fig. 2.—*Corte esquemático del compresor de la turbo-hélice Mamba*: (1), *entrada de aire*; (2), *álabes del rotor*; (3), *álabes del estator*; (4), *álabes-guías de entrada*; (5), *álabes-guías de salida*; (6), *tambor o cilindro-soporte*; (7), *acoplamiento del eje de la hélice*; (8), *acoplamiento del eje de la turbina*; (9), *cierre de laberinto*; (10), *igualador del empuje axil*; (11), *pesos para el equilibrado dinámico*; (12), *alojamiento de los álabes*; (13), *salida del aire.*

pero hasta 1928 no se consiguió unidad de buen rendimiento, que fué destinada al tiro forzado de los ventiladores de los barcos de guerra.

En esta breve reseña histórica de los compresores axiles también deben mencionarse los trabajos efectuados en Suiza y Alemania. La primera de estas naciones ha sido y es una de las más acreditadas en proyectos y construcción de compresores y turbinas, y a la segunda corresponde la primacía en la puesta en vuelo de avión equipado con turbopropulsor de compresor axil (Jumo 004, año 1914).

Introducción

Las teorías sobre el funcionamiento y diseño de los compresores axiles, aunque bastante desarrolladas, puede decirse que en la actualidad están todavía en período formativo. Personalidades de reconocida solvencia en el campo de la aerodinámica y en la técnica de los compresores y turbinas se han ocupado en la resolución de los complicados problemas teóricos y prácticos que presenta el diseño correcto de este tipo de máquinas. A título de ejemplo, basta citar los nombres de T. von KÁRMÁN, H. S. TSIEN, A. R. HOWELL, C. KELLER, A. BETZ, A. D. S. CARTER, E. N. COHEN, M. SÉDILLE, T. SINNETTE, M. BOGDONOFF, R. G. HARRIS, R. A. FAIRTHORNE, Y. SHIMAMOYANA, F. NUMACHI, etc. Asimismo, se realizan en la actualidad gran número de investigaciones experimentales, principalmente en Inglaterra, Estados Unidos y Suiza.

No obstante lo dicho, todavía no existe en la actualidad cuerpo de doctrina sólidamente establecido y con abundancia de datos experimentales por el que pueda guiarse con absoluta confianza el proyectista de este tipo de máquinas. Aunque, naturalmente, con gran número de puntos de contacto, existen discrepancias en las teorías que se aplican, notándose especialmente en las fórmulas y datos empíricos que forzosamente hay que utilizar.

El compresor axil presenta en nuestros días cada vez mayor interés. Su reducida sección frontal y elevado rendimiento lo hacen perfectamente idóneo para su utilización en turbopropulsores y turbo-hélices, notándose cada vez mayor tendencia a la substitución del compresor centrífugo por él. Su mayor inconveniente estriba en el pequeño grado de compresión que se consigue por escalonamiento, lo que obliga a que haya necesidad de un gran número de ellos para conseguir una relación de compresión del orden de la que se obtendría en uno centrífugo de potencia análoga. Por esta razón, gran parte de los estudios e investigaciones se orientan en el sentido de ir forzando cada vez más los números de MACH de funcionamiento, con objeto de obtener mayor salto de temperatura o presión. Incluso se ha llegado a estudiar el problema de diseñar compresores aptos para funcionar con velocidades de circulación supersónicas (ref. 9), aunque esto sólo podría conseguirse a costa del rendimiento.

NOTACIÓN GENERAL

θ — temperatura relativa, grados centígrados.
$T = \theta + 273$, temperatura absoluta.
p — presión, Kg/m^2 (en aplicaciones numéricas, Kg/cm^2).
v — volumen específico, m^3/Kg.
ρ_e — peso específico, Kg/m^3
ρ — densidad, $Kg.\,seg^2/m^4$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

R — constante de los gases perfectos, igual a 29,26 Kgm/Kg. grado.

c_p — calor específico a presión constante, Kcal.m/Kg. seg². grado.

c_v — calor específico a volumen constante, Kcal.m Kg. seg².

P — potencia, Kgm/seg. (en aplicaciones numéricas en CV.)

G — gasto en peso, Kg/seg.

G_v — gasto volumétrico, m³/seg.

V, u, w — velocidad, m/seg.

n — régimen, r.p.m.

ω — velocidad angular, seg.$^{-1}$.

D — diámetro, m.

r — radio, m.

σ — área, m² ó cm².

H — entalpia por unidad de masa, Kcal.m/Kg. seg².

γ — exponente de una evolución isentrópica.

k — exponente de una evolución politrópica.

N_M — número de Mach.

N_R — número de Reynolds.

V_s — velocidad del sonido, m/seg.

NOTACIÓN DE PERFILES

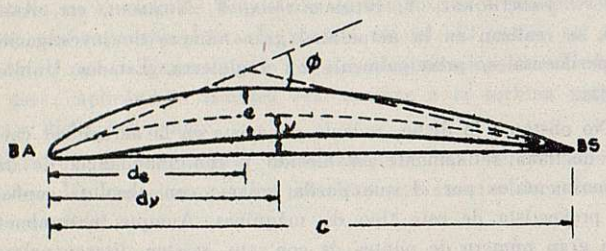


Fig. 3

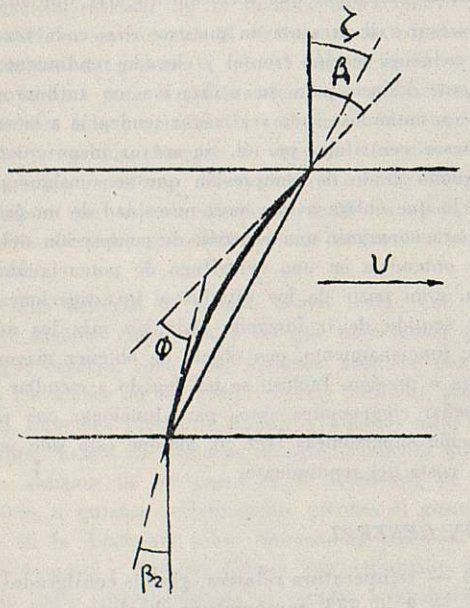


Fig. 4

c — cuerda.

e — expesor máximo (% de c).

ν — curvatura máxima (% de c).

d_e — distancia al punto de máximo espesor (% de c).

d_ν — distancia al punto de máxima curvatura (% de c).

Φ — ángulo de curvatura del perfil.

BA — borde de ataque.

BS — borde de salida.

r_{BA} — radio del borde de ataque.

r_{BS} — radio del borde de salida.

L — sustentación por unidad de longitud, en dirección perpendicular a la velocidad media w_m.

$C_L = \dfrac{L}{\frac{1}{2}\rho\, w^2\, m\, c}$ = coeficiente de sustentación.

D — resistencia por unidad de longitud, en dirección de w_m.

$C_D = \dfrac{D}{\frac{1}{2}\rho\, w^2\, m\, c}$ = coeficiente de resistencia.

NOTACIÓN DE UN ESCALONAMIENTO

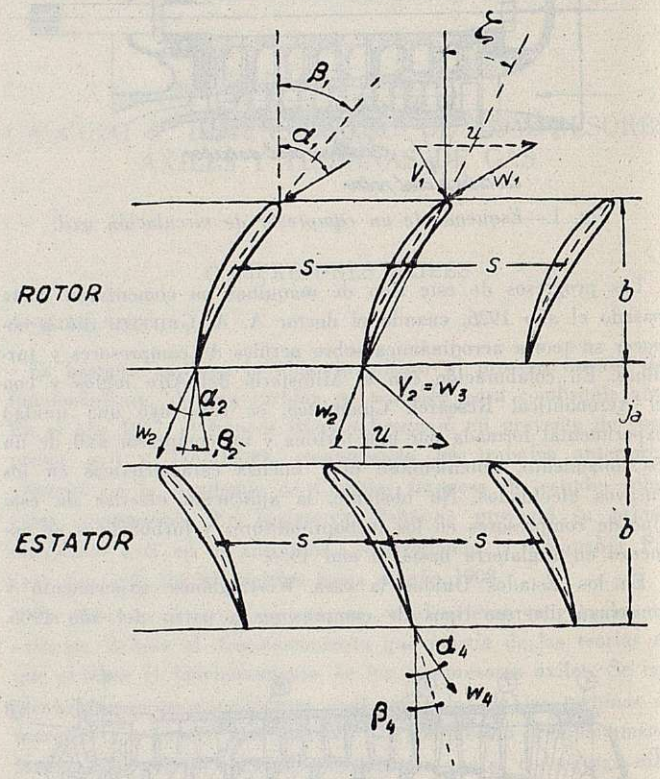


Fig. 5

u — velocidad periférica.

V_1 — velocidad absoluta de entrada en el rotor.

V_2 — velocidad absoluta de salida en el rotor.

w_1 — velocidad relativa de entrada en el rotor.

w_2 — velocidad relativa de salida en el rotor.

w_3 — velocidad de entrada en el estator.

w_4 — velocidad de salida en el estator.

V_a — velocidad axil.

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ — ángulos de entrada y salida de los perfiles medidos entre la normal al plano de giro y la tangente al esqueleto del perfil.

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ — ángulos de entrada y salida de las velocidades relativas.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

φ_1, φ_2 — ángulos de entrada y salida de las velocidades absolutas en el rotor.

w_m — vector velocidad media en el rotor.

α_m — ángulo del vector velocidad media, definido por la expresión: $\text{tang}\,\alpha_m = {}^1/_2 - (\text{tang}\,\alpha_1 + \text{tang}\,\alpha_2)$,

$i = \alpha_1 - \beta_1$, ángulo de incidencia.

$\varepsilon = \alpha_1 - \alpha_2$, deflexión.

$\delta = \alpha_2 - \beta_2$, desviación.

s — separación o paso.

b — espesor en el sentido normal del escalonamiento.

ζ — ángulo de situación.

N — número de álabes en cada disco.

h — altura media de los álabes.

δ_p — pérdidas de presión en cada semi-escalón (rotor o estator).

Δ_p — subida de presión efectiva en cada semi-escalón.

Δ_{pt} — incremento teórico de presión, igual a $\delta p + \Delta p$.

Δ_T — incremento real de temperatura en cada semi-escalón.

τ_p — trabajo periférico, o potencia gastada en la compresión por unidad de gasto en cada escalonamiento.

η_a — rendimiento adiabático.

η_e — rendimiento de escalón.

ξ — coeficiente de pérdida por efectos tridimensionales.

σ_a — área transversal de un álabe. $\sigma_a \approx c \,.\, h$

σ_A — área transversal de paso del aire. $\sigma_A \approx 2\pi r_m h$.

GR — grado de reacción.

Ecuaciones generales

Mientras no se indique lo contrario, consideraremos el caso de un flúido en movimiento bidimensional, es decir, con valores de todas las magnitudes independientes del radio del compresor. En estas condiciones, procederemos a determinar los esfuerzos que el aire produce sobre un álabe por unidad de altura. Sean F_y y F_x dichos esfuerzos, según las direcciones que se indican en la figura 6.

Si se prescinde de las fuerzas exteriores producidas por el rozamiento del aire contra los anillos de cierre, el teoremas del impulso proporciona las dos siguientes expresiones:

$$F_x = (P_2 - P_1)^s + s\,\rho_1\,V_{a1}\,(V_{a1} - V_{a2})$$

$$F_y = s\,\rho_1\,V_{a1}\,(V_{a1}\,\text{tang}\,\alpha_1 - V_{a2}\,\text{tang}\,\alpha_2)$$

La velocidad axil viene dada por la ecuación de continuidad:

$$\rho\,V_a\,\sigma_a = \text{constante} \qquad (1)$$

y en la generalidad de los casos se toma constante para cada escalón, al que puede también atribuirse densidad media ρ resultando:

$$F_x = (P_2 - P_1)^s \qquad (2)$$

$$F_y = s\,\rho\,V_a^2\,(\text{tang}\,\alpha_1 - \text{tang}\,\alpha_2) \qquad (3)$$

Si se considera el caso de un flúido ideal desprovisto de rozamiento, puede utilizarse la ecuación de Bernoufui en su forma más simplificada, obteniéndose:

$$P_2 - P_1 = \frac{1}{2}\,\rho\,V_a^2\,(\text{tang}^2\,\alpha_1 - \text{tang}^2\,\alpha_2)$$

En este caso el ánguo que forma la resultante F con la dirección axil del movimiento se obtiene con la expresión:

$$\text{tang}\,\alpha_m = \frac{F_x}{F_y} = \frac{1}{2}\,(\text{tang}\,\alpha_1 + \text{tang}\,\alpha_2) \qquad (4)$$

denominándose sustentación L a esta resultante, perpendicular al vector velocidad media, w_m.

En el caso general de flúido compresible y esfuerzos de rozamiento se modifica esta resultante en magnitud y dirección, siguiéndose denominando sustentación a la proyección de dicha fuerza en dirección perpendicular a w_m, mientras que la componente que aparece según dicho vector es la resistencia D (figura 7).

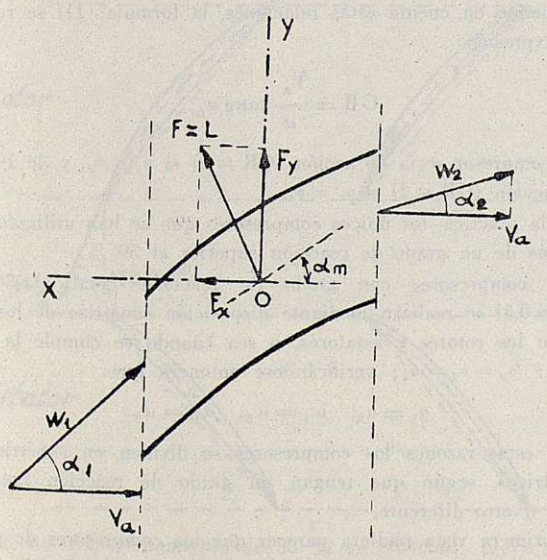


Fig. 6

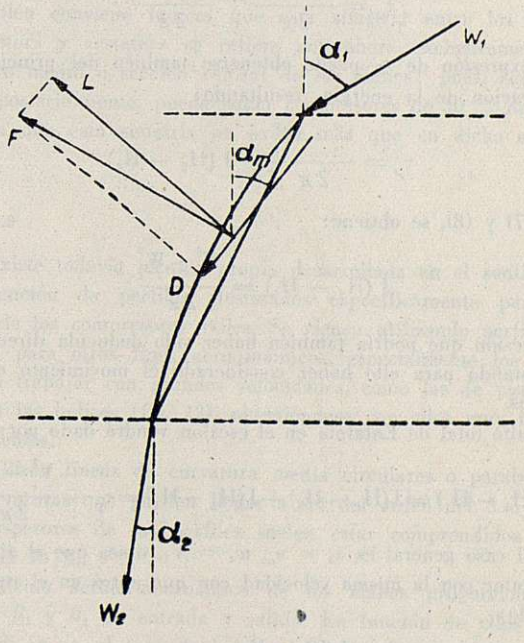


Fig. 7

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

En valor absoluto, la potencia tomada en el escalón vendrá dada por:

$$P = F_{y}.\, u.N = \frac{G}{g}\, u\, V_a\, (\text{tang}\, \alpha_1 - \text{tang}\, \alpha_2) \qquad (5)$$

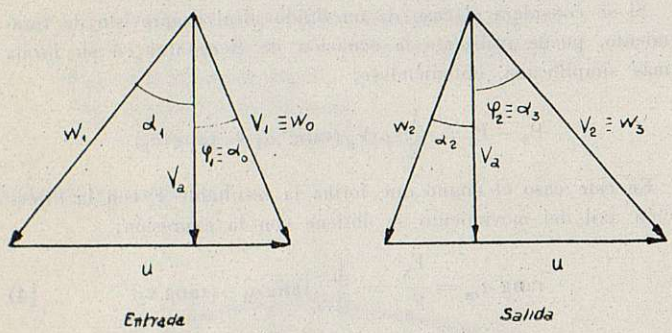
El trabajo periférico se obtendrá con:

$$\tau_p = \frac{P}{G} = \frac{u\, V_a}{g}\, (\text{tang}\, \alpha_1 - \text{tang}\, \alpha_2) \qquad (6)$$

Expresando esta fórmula en función de las velocidades absolutas, resulta:

$$\tau_p = \frac{u}{g}\, (V_2 \,\text{sen}\, \varphi_2 - V_1 \,\text{sen}\, \varphi_1)$$

De los triángulos de velocidades (fig. 8), se deduce:



Triángulos de velocidades

Fig. 8

$$W_1^2 = u^2 + V_1^2 - 2\, u\, V_1 \,\text{sen}\, \varphi_1$$
$$W_2^2 = u^2 + V_2^2 - 2\, u\, V_2 \,\text{sen}\, \varphi_2$$

y substituyendo, resulta:

$$\tau_p = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + \frac{W_1^2 - W_2^2}{2g} \qquad (7)$$

La expresión de τ_p puede obtenerse también del principio de conservación de la energía, resultando:

$$\tau_p = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + J\, (H_2 - H_1) \qquad (8)$$

y de (7) y (8), se obtiene:

$$J\, (H_2 - H_1) = \frac{W_1^2 - W_2^2}{2g} \qquad (9)$$

Expresión que podría también haber sido deducida directamente, bastando para ello haber considerado el movimiento en ejes relativos.

El salto total de Entalpía en el escalón vendrá dado por:

$$J\, (H_4 - H_1) = J\, (H_4 - H_3) + J\, (H_2 - H_1) = \tau_p + \frac{V_1^2 - W_4^2}{2g}$$

En el caso general es $\alpha_4 = \alpha_0$, $w_4 = V_1$, o sea que el aire sale del estator con la misma velocidad con que entró en el rotor, resultando:

$$J\, (H_4 - H_1) = \tau_p$$

Por tanto, se obtiene el salto total de temperatura con la expresión:

$$2\, \Delta T = \frac{u\, V_a}{g\, J\, c_p}\, (\text{tang}\, \alpha_1 - \text{tang}\, \alpha_2) \qquad (10)$$

Como puede observarse, el compresor funciona aumentando las velocidades absolutas entre la entrada y salida de cada rotor. En cambio, las velocidades relativas decrecen, actuando el compresor respecto a ellos como con difusor, ya que las secciones de salida son mayores que las de entrada, relacionándose aproximadamente con la expresión:

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{\cos \alpha_2}{\cos \alpha_1}$$

Grado de reacción. tipos de compresores

El grado de reacción de cada escalonamiento se expresa por la relación entre el salto de entalpía en el rotor y el salto total de ella, o sea:

$$GR = \frac{\Delta H_r}{\Delta H_r + \Delta H_s} = \frac{H_2 - H_1}{H_4 - H_1} = \frac{w_1^2 - w_2^2}{w_1^2 - w_2^2 + w_3^2 - w_4^2} =$$

$$= \frac{\dfrac{1}{\cos^2 \alpha_1} - \dfrac{1}{\cos^2 \alpha_2}}{\dfrac{1}{\cos^2 \alpha_1} - \dfrac{1}{\cos^2 \alpha_2} + \dfrac{1}{\cos^2 \alpha_3} - \dfrac{1}{\cos^2 \alpha_4}} =$$

$$= \frac{\text{tang}^2 \alpha_1 - \text{tang}^2 \alpha_2}{\text{tang}^2 \alpha_1 - \text{tang}^2 \alpha_2 + \text{tang}^2 \alpha_3 - \text{tang}^2 \alpha_4} \qquad (11)$$

En el caso normal de ser $\alpha_4 = \alpha_0$, la fórmula anterior se simplifica en gran manera.

De los triángulos de velocidades se deduce:

$$u = V_a\, (\text{tang}\, \alpha_1 + \text{tang}\, \alpha_0),$$
$$u = V_a\, (\text{tang}\, \alpha_2 + \text{tang}\, \alpha_3),$$

de las que se obtiene:

$$\text{tang}\, \alpha_1 - \text{tang}\, \alpha_2 = \text{tang}\, \alpha_3 - \text{tang}\, \alpha_0.$$

Teniendo en cuenta estas relaciones, la fórmula (11) se reduce a la expresión:

$$GR = \frac{V_a}{u}\, \text{tang}\, \alpha_m. \qquad (12)$$

El compresor sería de acción (GR = 0) si $\alpha_1 = \alpha_2$, y de 100 % de reacción (GR = 1) si $\alpha_3 = \alpha_4$.

En la práctica, los únicos compresores que se han utilizado han sido los de un grado de reacción superior al 50 %.

Los compresores con grado de reacción igual al 50 % (GR = 0,5) se realizan mediante disposición simétrica de los álabes de los rotores y estatores, o sea cuando se cumple la condición: $\alpha_0 = \alpha_2 = \alpha_4$; verificándose entonces que:

$$\alpha_1 = \alpha_3; \quad w_1 = w_3; \quad w_0 = w_2.$$

Por estas razones los compresores se dividen en simétricos y asimétricos, según que tengan un grado de reacción igual al 50 % u otro diferente.

A primera vista pudiera parecer que los compresores de grado de reacción superior al 50 % son los que proporcionarían me-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

jores características. En efecto: un compresor de 100 % de reacción tendría sus álabes dispuestos en forma aproximada a como se indica en la figura 9, con disposición muy oblicua de los álabes de los rotores, viniendo a tener ángulos de situación de

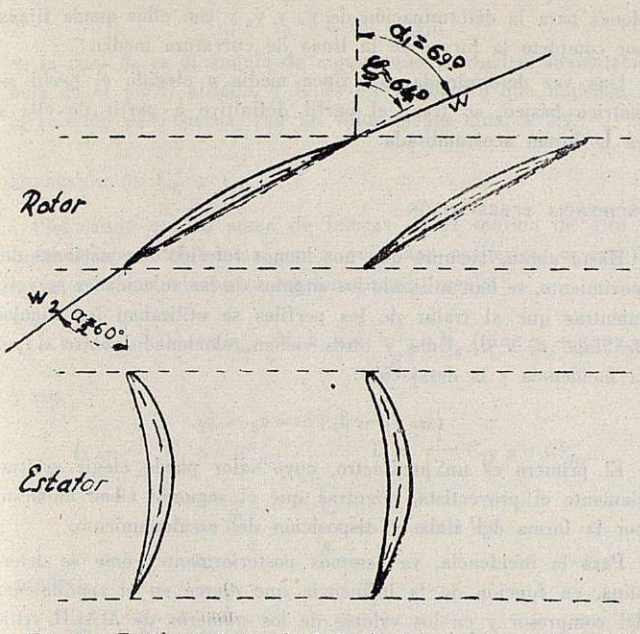


Fig. 9.—*Escalonamiento de* 100 % *de reacción*: $s/c = 1$; $\alpha_1 = 60°$; $\zeta \approx 64°$; $\alpha_1 - \alpha_2 = 9°$; tang α_1 — tang $\alpha_2 = 0{,}873$.

unos 60 a 70°. En cambio, con álabes de tipo simétrico los ángulos de situación de los rotores son mucho más pequeños, del orden de los 35 ó 40° como máximo (fig. 10). Aunque, como veremos más adelante, para ángulos de situación elevados, lo que

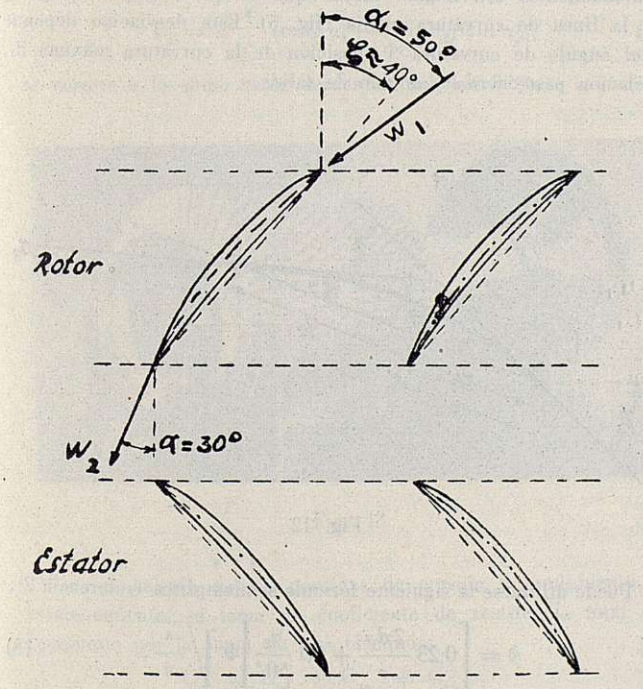


Fig. 10.—*Escalonamiento de* 50 % *de reacción*: $s/c = 1$; $\alpha_2 = 30$; $\zeta \approx 40°$; $\alpha_1 - \alpha_2 = 20°$; tang α_1 — tang $\alpha_2 = 0{,}615$.

se traduce en un mayor ángulo de salida α_2, se funciona con menores valores de la deflexión $\alpha_1 - \alpha_2$, como las tangentes varían rápidamente cuando se sobrepasan los 50 ó 60°, resulta que el valor del término tang α_1 — tang α_2 es mayor en los compresores de 100 % de reacción que en los de 50 %. Por tanto (fórmula 7), parece ser que, a igual de velocidades periféricas y axiles, se obtendría mayor salto de temperaturas en dichos compresores; pero esta ventaja no es más que ilusoria. Hay que considerar que todas las características de los compresores vienen limitadas por el mayor número de MACH con que puede funcionarse. Si las velocidades axiles fuesen iguales, resultarían mucho mayores velocidades relativas en los rotores de un compresor de 100 % de reacción que uno simétrico, lo que obliga, en la práctica, a funcionar en ellos con valores de dichas velocidades axiles mucho más reducidos. De aquí resulta que contra los 20 ó 21° de incremento de temperatura que se consiguen en un compresor simétrico no se puede esperar sobrepasar mucho más de los 12°, en uno de 100 % de reacción. Ciertamente que en ellos podría forzarse algo más este valor, pero sería a costa de rápida disminución en el rendimiento.

Las únicas ventajas que presentan los compresores de 100 % de reacción consisten en su mayor facilidad constructiva, debido a la forma sencilla de sus «estatores» y a la inexistencia de pérdidas intersticiales en dichos álabes. Éstas parecen ser las razones que motivaron su utilización en los compresores alemanes del Jumo 004 y BMW 003.

En la actualidad están prácticamente abandonados, y se tiende a la utilización exclusiva de los compresores simétricos. Por esta razón, de aquí en adelante nos referiremos exclusivamente a este tipo de compresores.

Para evitar confusiones, conviene indicar que en muchas publicaciones inglesas denominan «impulse blading», o álabes de acción, a los 100 % de reacción. Ello se debe a la equivalencia aerodinámica que existe entre los «rotores» y «estatores», en cuanto se prescinde de efectos de fuerza centrífuga. Por ello, resulta aerodinámicamente análogo un compresor de acción que uno de 100 % de reacción.

También conviene indicar que esta simetría entre los álabes del «rotor» y «estator» se refiere por ahora exclusivamente al diámetro medio o sección central de los álabes; pues, como veremos posteriormente, puede haber compresores de 50 % de reacción en que esta simetría no exista más que en dicha sección central.

Perfiles

No existe todavía técnica propia desarrollada en el sentido de la obtención de perfiles, destinados específicamente para los álabes de los compresores axiles. Se vienen utilizando perfiles ya clásicos para otros fines aerodinámicos, especialmente los destinados a trabajar con grandes velocidades, como los de punta de pala de las hélices (fig. 13), obteniéndose con ellos muy buenos rendimientos.

Se utilizan líneas de curvatura media circulares o parabólicas, con curvaturas que pueden llegar a ser del orden del 5 ó 6 %, y los espesores de los perfiles suelen estar comprendidos entre el 8 y el 10 %.

El cálculo aerotermodinámico de los álabes proporciona los ángulos β_1 y β_2 de entrada y salida. En función de ellos y de la cuerda, y en el caso de línea media circular, se obtienen in-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

mediatamente el ángulo de situación, curvatura y radio de curvatura, con las relaciones siguientes:

$$\zeta = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}; \tag{13}$$

$$\nu/c = \frac{1}{2} \frac{1 - \cos \frac{\beta_1 - \beta_2}{2}}{\operatorname{sen} \frac{\beta_1 - \beta_2}{2}} \tag{14}$$

Perfil N.A.C.A. 0009-34

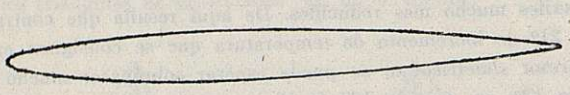


Fig. 11

Situación	*Ordenada*	*Situación*	*Ordenada*
0	0		
0,0125	0,0085	0,4000	0,0450
0,0250	0,0126	0,5000	0,0437
0,0500	0,0187	0,6000	0,0399
0,0750	0,0235	0,7000	0,0336
0,1000	0,0274	0,8000	0,0249
0,1500	0,0337	0,9000	0,0140
0,2000	0,0382	0,9500	0,0077
0,3000	0,0435	1,0000	0,0009

Radio del borde de ataque = 0,0022.

$$r\,\nu/c = \frac{1}{2} \frac{1}{\operatorname{sen} \frac{\beta_1 - \beta_2}{2}}. \tag{15}$$

En el caso de línea media parabólica, que forme con la cuerda los ángulos ψ_1 y ψ_2, resulta para ella la siguiente ecuación (figura 12):

$$-\frac{4}{c^2} x^2 + \lambda y^2 + \frac{4}{c} \sqrt{-\lambda}\, x y + \mu y + 1 = 0.$$

Siendo:

$$\lambda = -\frac{1}{c^2} \left(\frac{1}{\operatorname{tang} \Psi_1} + \frac{1}{\operatorname{tang} \Psi_2} \right)^2;$$

$$\mu = -\frac{2}{c} \left(\frac{1}{\operatorname{tang} \Psi_2} - \frac{1}{\operatorname{tang} \Psi_1} \right).$$

Para la curvatura, y para su situación, resultan las expresiones:

$$\nu = -\frac{1}{\mu}; \tag{16}$$

$$d_\nu = \frac{c}{2} \left(1 - \frac{\sqrt{-\lambda}}{\mu} \right). \tag{17}$$

Ahora bien: entre los ángulos ψ_1 y ψ_2 y los de entrada y salida β_1 y β_2, existe la relación geométrica:

$$\beta_1 - \Psi_1 = \beta_2 + \Psi_2 = \zeta.$$

Por tanto, una vez fijados β_1 y β_2, para la determinación completa de la línea de curvatura media, aún podemos fijar arbitrariamente el valor de la curvatura máxima, o bien su situación d. Impuesto cualquiera de estos dos valores, ya existen dos ecuaciones para la determinación de ψ_1 y ψ, y con ellos queda fijada por completo la forma de la línea de curvatura media.

Una vez determinada esta línea media y elegido el perfil simétrico básico, se traza el perfil definitivo a partir de ella y en la forma acostumbrada.

Incidencia y desviación

Hasta ahora, siempre que nos hemos referido a ecuaciones del movimiento, se han utilizado los ángulos de las velocidades α_1 y α_2, mientras que al tratar de los perfiles se utilizaban los ángulos de álabe β_1 y β_2. Unos y otros vienen relacionados entre sí por la incidencia y la desviación:

$$i = \alpha_1 - \beta_1\,; \quad \delta = \alpha_2 - \beta_2.$$

El primero es un parámetro, cuyo valor puede elegir arbitrariamente el proyectista, mientras que el segundo viene impuesto por la forma del álabe y disposición del escalonamiento.

Para la incidencia, ya veremos posteriormente cómo se determina, en función de la influencia que ejerce en el rendimiento del compresor y en los valores de los números de MACH críticos con que puede funcionarse. Siempre se toman valores de ella próximos a los cero grados, con una zona de variación comprendida como máximo entre — 5 y + 5°.

La desviación se produce por el efecto de fuerza centrífuga que hace que se produzca un gradiente de presión hacia la parte cóncava de los álabes. Por esta razón las líneas de presión constante resultan desviadas, haciendo que el aire salga de los escalonamientos con ángulo mayor que el que forma la tangente a la línea de curvatura media (fig. 5). Esta desviación depende del ángulo de curvatura Φ, posición de la curvatura máxima d_ν, relación paso-cuerda y ángulo de salida.

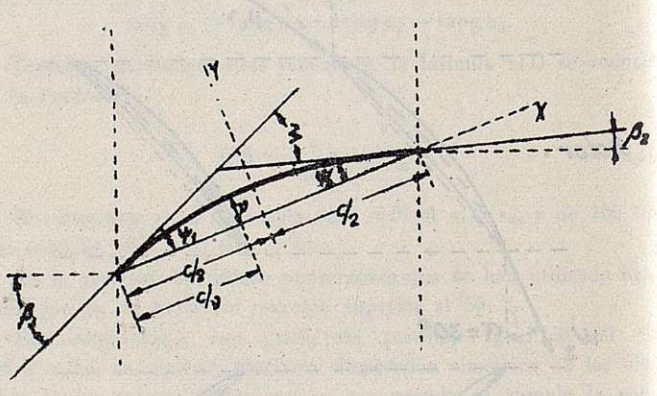


Fig. 12

Puede utilizarse la siguiente fórmula semiempírica (referencia 2):

$$\delta = \left[0{,}23 \frac{2\,d_\nu}{c} + 0{,}1 \frac{\alpha_2}{50°} \right] \Phi \sqrt{\frac{s}{c}}, \tag{18}$$

que para líneas de curvatura media circulares se simplifica, quedando:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

$$\delta = \left(0{,}23 + 0{,}1\,\frac{\alpha_2}{50°}\right)\Phi\,\sqrt{\frac{s}{c}}\,. \qquad (19)$$

Según referencia 6, también puede obtenerse directamente el ángulo de salida con la siguiente fórmula experimental:

$$\alpha_1 - \alpha_2 = K\,(\beta_1 - \beta_0), \qquad (20)$$

en la cual β_0 es el ángulo de ataque que produciría sustentación nula en el perfil aislado, y K es un parámetro que depende de la relación paso-cuerda, con un valor medio igual a 0,9.

Expresión de C_L y C_D

Planteando que la suma de fuerzas en el sentido de giro de cada álabe, multiplicadas por la velocidad periférica, es igual a la potencia gastada en el escalonamiento, resulta:

$$(L\cos\alpha_m + D\,\mathrm{sen}\,\alpha_m)\,.\,N,h,u = \frac{G}{g}\,u\,V_a\,(\mathrm{tang}\,\alpha_1 - \mathrm{tang}\,\alpha_2)$$

y con

$$L = \frac{1}{2}\,C_L\,\rho\,c\,w^2_m, \qquad D = \frac{1}{2}\,C_D\,\rho\,c\,w^2_m,$$

$$N = \frac{2\pi r}{s}, \qquad \frac{G}{g} = 2\pi r h \rho V_a$$

resulta:

$$C_L = 2\,\frac{s}{c}\,(\mathrm{tang}\,\alpha_1 - \mathrm{tang}\,\alpha_2)\cos\alpha_m - C_D\,\mathrm{tang}\,\alpha_m. \qquad (21)$$

En la fórmula anterior la influencia del término en C_D en el valor de C_L es notablemente escasa. En efecto, en condiciones no muy alejadas de las normales de funcionamiento el coeficiente C_D es del orden de 0,04-0,05 como máximo, mientras que tang α es siempre menor que la unidad. Por tanto, tomando para C_L el valor teórico:

$$C_L = 2\,\frac{s}{c}\,(\mathrm{tang}\,\alpha_1 - \mathrm{tang}\,\alpha_2)\cos\alpha_m, \qquad (22)$$

se comete a lo sumo error del orden del 4 ó 5 %.

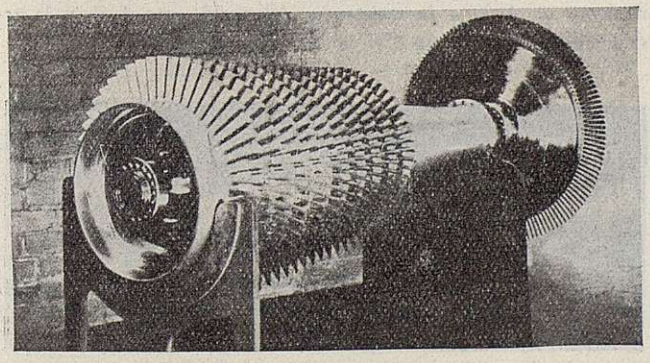


Fig. 13

Para el cálculo de las pérdidas de presión y rendimiento del escalonamiento, se toma un coeficiente de resistencia total C_D compuesto por la suma de tres términos:

$$C_D = C_{Dp} + C_{Di} + C_{Da}\,. \qquad (23)$$

En la cual, C_{Dp} es el coeficiente de resistencia del perfil; C_{Di} es el coeficiente de resistencia inducida y C_{Da} el de resistencia anular.

El coeficiente de resistencia del perfil se obtiene experimentalmente mediante ensayos en túnel. Suele ser del orden de 0,016 a 0,018, para la generalidad de los perfiles que se utilizan en los álabes de los compresores. En la referencia 11 se incluye una fórmula empírica que relaciona este coeficiente de resistencia del perfil con el de sustentación.

Los efectos combinados de la fuerza centrífuga y de la capa límite, en la superficie de los álabes y en las paredes anulares superior e inferior, dan lugar a la formación de un flujo secundario en el interior de los canales de los álabes, produciéndose dos torbellinos en el borde de salida: uno, próximo al vértice, y el otro, junto a la raíz, en forma parecida a lo que sucede en un ala de avión. El estudio de estos torbellinos, con la aparición consiguiente de resistencia inducida a que dan lugar, ha sido tratado por diversos autores, como Karman, Tsien, Hansford, Carter y Cohen, etc. (ref. 4). En esta referencia se indica que el valor de la resistencia se obtiene con la expresión:

$$C_{Di} = \frac{1}{4}\,\frac{C^2_L}{s/c}\left(1 - \frac{h'}{h}\right)\frac{h'}{h}\,, \qquad (24$$

en la cual, h es la altura del álabe y h' la distancia, ligeramente inferior a h, entre los centros de los dos torbellinos de los extremos. El cálculo del valor de h' presenta considerables dificultades, pero puede medirse aproximadamente, siendo del orden del 90 % de h. Un valor medio del coeficiente que multiplica a C^2_L es igual a 0,018, es decir, que puede utilizarse con buena aproximación en la práctica la expresión:

$$C_{Di} = 0{,}018\,C^2_L\,. \qquad (25)$$

El coeficiente de resistencia anular proviene del rozamiento del aire contra las superficies superior e inferior de los anillos de cierre de cada escalonamiento. Su valor es proporcional a la relación paso-cuerda s/c, e inversamente proporcional al alargamiento del álabe h/c. Según referencia 2, puede tomarse para C_{Da} el valor dado por la expresión:

$$C_{Da} = 0.020\,\frac{s}{c}\,\frac{c}{h} = 0{,}020\,\frac{s}{h}\,. \qquad (26)$$

Una vez determinado el coeficiente de resistencia total se deducen fácilmente de él las pérdidas de presión en el escalonamiento. Basta expresar que dicha resistencia procede de ellas. Se obtiene la siguiente relación:

$$D = \delta_p \cdot s \cdot \cos\alpha_m\,.$$

Resultando:

$$\delta_p = \frac{\frac{1}{2}\,\rho\,w^2_m\,C_D}{s\,c\cos\alpha_m}, \qquad (27)$$

o bien:

$$\delta_p = \frac{\frac{1}{2}\,\rho\,V^2_a\,C_D}{s\,c\cos^3\alpha_m}. \qquad (28)$$

Como resultado de los fenómenos de rozamiento, formación de torbellinos y pérdidas intersticiales, resulta que la velocidad axil V_a no es constante a lo largo de la altura del álabe. Por causa de ello, al tomar en las expresiones del trabajo periférico e incremento de temperatura el valor teórico de ella dado por la ecuación de continuidad, y suponerlo constante, resulta que se

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

obtiene un mayor trabajo y subida de temperatura del que resulta en la realidad. De acuerdo con esto, las fórmulas (6) y (11) hay que modificarlas, afectándolas de un coeficiente de pérdida ξ, debido a los efectos tridimensionales citados. Resulta con esto:

$$\tau_p = \xi \frac{u V_a}{g} (\text{tang } \alpha_1 - \text{tang } \alpha_2); \qquad (29)$$

$$2 \Delta T = \xi \frac{u V_a}{g J c_p} (\text{tang } \alpha_1 - \text{tang } \alpha_2); \qquad (30)$$

pudiendo tomarse para el coeficiente ξ un valor medio igual a 0,86.

Rendimiento del escalón

Teniendo en cuenta que en compresor de 50 % de reacción son iguales los incrementos y pérdidas de presión en el «rotor» y en el «estator», puede calcularse el rendimiento adiabático de cada escalonamiento en función de las pérdidas de presión δ_p y salto de temperaturas $\triangle$ T de cada hilera de álabes. Si 1-2-3-4 es la línea politrópica de la transformación real (fig. 14), y 1-4′ la de la transformación isentrópica que nos daría la misma presión final, el rendimiento adiabático se obtendrá con la expresión:

$$\eta_a = \frac{2 \Delta T_t}{2 \Delta T} = \frac{T'_4 - T'_1}{T_4 - T_1} \qquad (31)$$

que con sencillas transformaciones se llega a la fórmula:

$$\eta_a = \frac{T_1}{2 \Delta T} \left\{ \left[\left(1 \frac{2 \Delta T}{T_1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} - \frac{2 \delta p}{p_1} \right]^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1 \right\}. \qquad (32)$$

que, como puede verse, resulta bastante complicada.

Como tendremos ocasión de comprobar en el artículo siguiente, no se comete mucho error suponiendo incompresible el aire en cada escalonamiento, tomando para ello una densidad media en la curva de transformación. Con ello se simplifican en gran manera la mayoría de los cálculos.

En este caso, cuando la densidad se considera constante, los incrementos de presión son proporcionales a los de temperatura, pudiendo tomarse como expresión del rendimiento:

$$\eta_e = \frac{2 \Delta p}{2 \Delta p_t} = \frac{p_4 - p_1}{p''_4 - p_1} \qquad (33)$$

y también:

$$\eta_e = 1 - \frac{\delta p}{\Delta p_t}. \qquad (34)$$

El incremento teórico de presión $\triangle p_t$ se calcula fácilmente con las fórmulas:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho w^2_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho w^2_2,$$

$$\sigma_1 w_1 = \sigma_2 w_2, \qquad \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{s. \cos \alpha_1}{s. \cos \sigma_2} = \frac{\cos^2 \alpha_1}{\cos^2 \alpha_2};$$

resultando:

$$\Delta p_t = \frac{1}{2} \rho w^2_1 \left(1 - \frac{\cos^2 \alpha_1}{\cos^2 \alpha_2} \right). \qquad (35)$$

Poniendo δ_p en función del coeficiente de resistencia, se obtiene:

$$\eta_e = 1 - \frac{\frac{1}{2} \rho V^2_a \frac{c}{s} C_D \frac{1}{\cos^3 \alpha_m}}{\frac{1}{2} \rho w^2_1 \left(1 - \frac{\cos^2 \alpha_1}{\cos^2 \alpha_2} \right)} = \frac{\frac{c}{s} C_D \frac{\cos^2 \alpha_1}{\cos^3 \alpha_m}}{1 - \frac{\cos^2 \alpha_1}{\cos^2 \alpha_2}},$$

que, puesta en función de las tangentes e introduciendo el valor teórico del coeficiente de sustentación, se llega con facilidad a la expresión:

$$\eta_e = 1 - \frac{2}{\text{sen } (2 \alpha_m)} \frac{C_D}{C_L}; \qquad (36)$$

fórmula sencilla y de cómodo manejo.

Los valores de este rendimiento suelen ser del orden del 90 % cuando el compresor funciona en condiciones próximas a las de su proyecto; de este 10 % de pérdidas corresponde aproximadamente un 4 % a la resistencia del perfil, otro 4 % a la resistencia inducida y un 2 % a la resistencia anular.

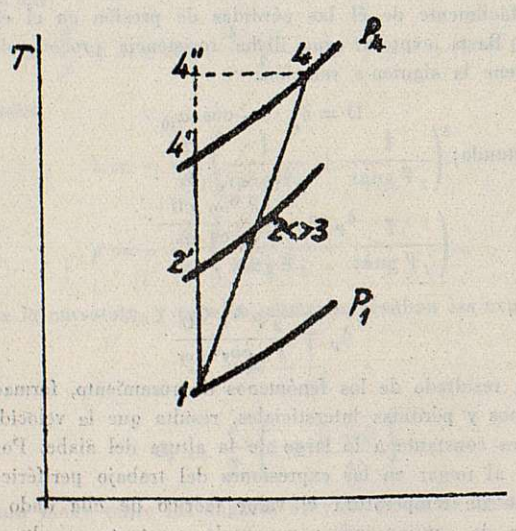


Fig. 14

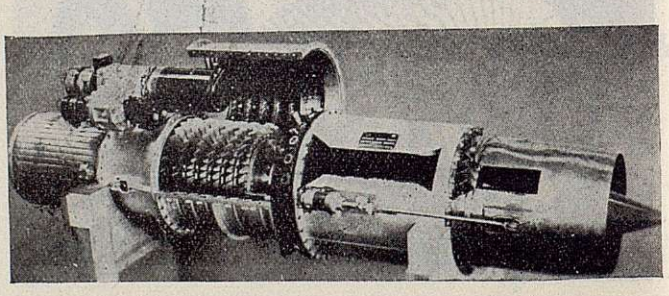


Fig. 15

Limitaciones que el número de Mach impone al funcionamiento del compresor

Una de las variables fundamentales que limita la mayor parte de las características funcionales de los compresores axiles es el número de MACH, ya que es condición imprescindible que las

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

velocidades relativas de circulación del aire sean subsónicas, o al menos que no se sobrepase en gran manera con ellas valores del número de MACH iguales a la unidad.

En los álabes móviles las velocidades decrecen desde la w_1 de entrada a la w_2 de salida, y para los fijos, en la misma forma, ya que es $w_1 = V_2$ y $w_2 = V_1$ en los compresores usuales del 50 % de reacción. Ahora bien, esta disminución de las velocidades de paso no se efectúa de un modo progresivo, sino que puede suceder, y en la realidad así ocurre, que existan velocidades en el interior de los álabes superiores al valor inicial. Esto es debido a dos causas: por una parte, los espesores de los perfiles modifican los valores de las secciones de paso, las cuales irían aumentando de un modo continuo si dichos perfiles estuviesen reducidos a sus líneas de curvatura media. Por tanto, puede existir un estrechamiento o garganta con un valor del área de su sección inferior al inicial de entrada (fig. 16). Por otra parte, la forma curvada de los canales de paso produce una distribución asimétrica de las velocidades en cada sección, con sus mayores valores en la parte convexa de los álabes; puntos en los que se acentuará el peligro de que aparezcan velocidades supersónicas.

Estudiar el campo de velocidades en el interior de los álabes presenta enormes dificultades, por lo cual, lo que se hace en la práctica es limitar los valores máximos de las velocidades relativas de entrada, que serán función de las condiciones del escalonamiento, es decir, de la forma y disposición de los perfiles de los álabes. Estos datos se obtienen mediante ensayos, siendo éste uno de los principales objetivos de la experimentación de compresores axiles, ya que es de la mayor importancia funcionar con los mayores valores posibles del número de MACH. Si en la fórmula que nos proporcionaba el incremento de temperatura por escalón:

$$2\,\Delta T = \xi \frac{u\,V_a}{g\,J\,c_p}(\text{tang}\,\alpha_1 - \text{tang}\,\alpha_2)\,,$$

ponemos:

$$u = V_a\,(\text{tang}\,\alpha_1 + \text{tang}\,\alpha_2),$$

$$V_a = w_1 \cos\alpha_1\,,$$

$$w_1 = \sqrt{g\,\gamma\,R\,T_1\,N\,M_1}\,,$$

$$2\,\Delta T = \xi\,(\gamma - 1)\,T_1\,N^2\,M_1\,(\text{tang}^2\,\alpha_1 - \text{tang}^2\,\alpha_2)\cos^2\alpha_1. \quad (37)$$

Como puede verse, para un escalonamiento con unos ángulos dados de entrada y salida, el incremento temperatura es proporcional al cuadrado del número de MACH de la velocidad relativa de entrada.

En la misma forma aumenta la subida de presión en el escalón, ya que el rendimiento se mantiene prácticamente constante. Ahora bien, cuando se sobrepasa un cierto valor en las velocidades de entrada y se da lugar a que aparezca una zona local con velocidades supersónicas, se produce una onda de choque con desprendimiento de la capa límite. A partir de este punto, y si se continúa aumentando las velocidades de entrada, el incremento gradual de la resistencia del perfil, e incluso de la resistencia anular, hacen crecer grandemente el valor del coeficiente C_D, disminuyendo, por tanto, el rendimiento del escalón (fórmula (36) del artículo anterior). De esta forma se llega a un punto en el que se alcanzan velocidades supersónicas en toda la zona de estrechamiento de los álabes, produciéndose una gran onda de choque, que al perturbar intensamente el campo

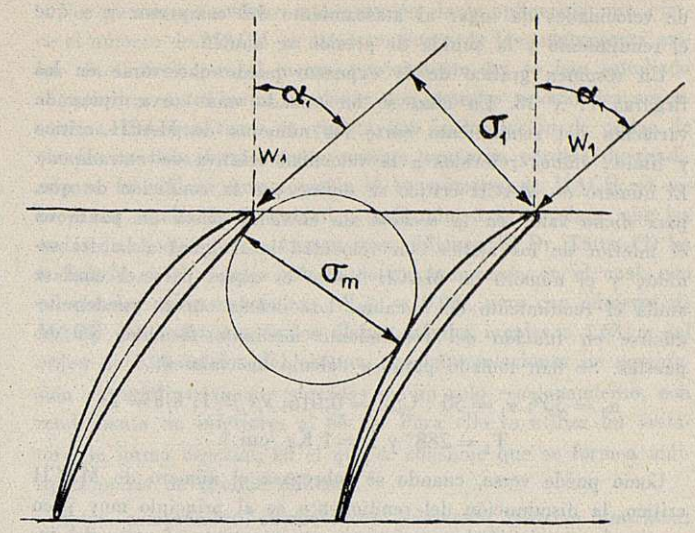
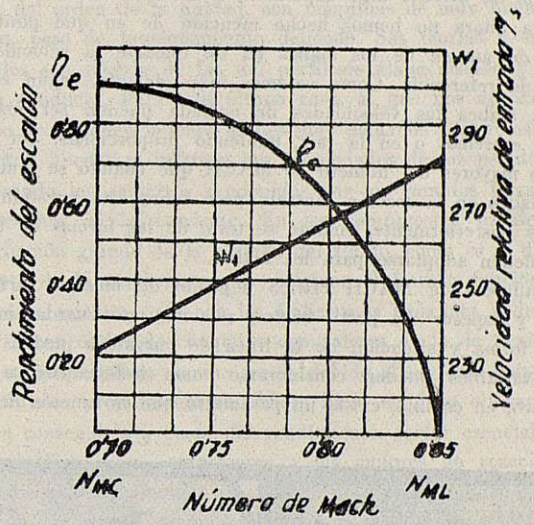
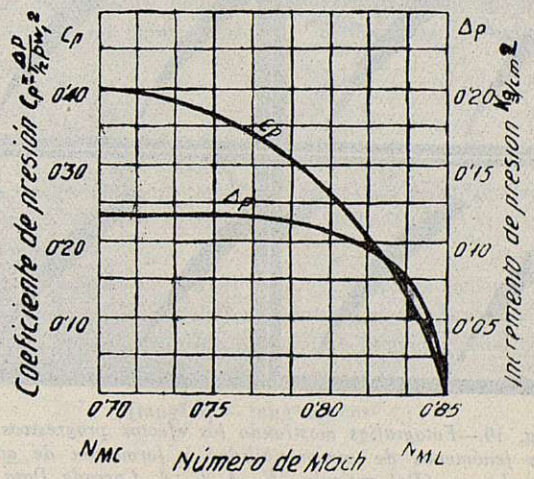


Fig. 16.—*Determinación de las áreas de las secciones de entrada y del estrechamiento.*





Figs. 17 y 18.—*Variaciones del rendimiento y del incremento de presión cuando el número de MACH supera su valor crítico.*

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

de velocidades da lugar al atascamiento del compresor y a que el rendimiento y la subida de presión se anulen.

Un resumen gráfico de lo expuesto puede observarse en las firguras 17 y 18. En ellas se ha tomado una curva típica de variación del rendimiento entre los números de MACH crítico y límite, ambos referidos a la velocidad relativa de entrada w_1. El número de MACH crítico se define con la condición de que, para dicho valor en la sección de entrada, exista un punto en el interior de los álabes con velocidad local igual a la del sonido; y el número de MACH límite es aquel para el cual se anula el rendimiento del escalón. Las demás curvas pueden deducirse en función del rendimiento mediante fórmulas ya expuestas. Se han tomado para su cálculo los valores:

$$\alpha_2 = 30°;\ \alpha_1 = 50°;\ C_{Dp} = 0{,}016;\ s/c = 1;\ h/c = 2.$$

$$T_1 = 288°\ \text{y}\ 1 = 1\ \text{Kg./cm.}^2.$$

Como puede verse, cuando se sobrepasa el número de MACH crítico, la disminución del rendimiento es al principio muy poco acentuada, manteniéndose prácticamente constante el valor del incremento de presión, por lo cual puede diseñarse un compresor para que funcione con velocidades de entrada que den lugar a números de MACH algo superiores a su valor crítico.

Hasta ahora no hemos hecho mención de en qué punto del borde de ataque de los álabes ha de tomarse la velocidad relativa de referencia. Como veremos más adelante, según el tipo de los álabes las velocidades de entrada pueden ser máximas en los extremos o en la raíz, pudiendo proporcionar, por tanto, valores mayores del número de MACH que cuando se toman las velocidades en la sección central; pero sobre esta cuestión insistiremos posteriormente, cuando se trate de las formas de torsión que pueden adoptarse para los álabes.

El número de MACH crítico depende de muchas variables: forma y espesor del perfil básico, relación paso-cuerda, incidencia y forma y situación de la línea de curvatura media. Todas estas variables pueden considerarse como independientes entre sí; pero, en cambio, existe un parámetro que es función de todas ellas, y en él se acusará cualquier cambio de las mencionadas variables. Nos referimos a la ya citada relación entre el área mínima de paso y el área de la sección de entrada. En efecto, para un ángulo dado de entrada α_1, o sea con un valor prefijado del área σ_1, cualquier modificación del espesor o forma de los perfiles se traduce en una variación del valor del área del estrechamiento o área mínima de paso σ_m, y, en consecuencia, de la relación σ_m/σ_1. Por otra parte, para álabes determinados, e instalados de modo invariable en su escalonamiento, lo que proporciona un valor fijo de σ_m, al modificar la incidencia se cambia el valor de σ_1 y con él el de σ_m/σ_1. Por último, para incidencias, formas y ángulos de situación prefijados, variando la relación paso-cuerda, cambian σ_1 y σ_m, pero no en la misma forma, ya que σ_1 es proporcional al paso, mientras que σ_m no lo es, disminuyendo más rápidamente que dicha sección de entrada.

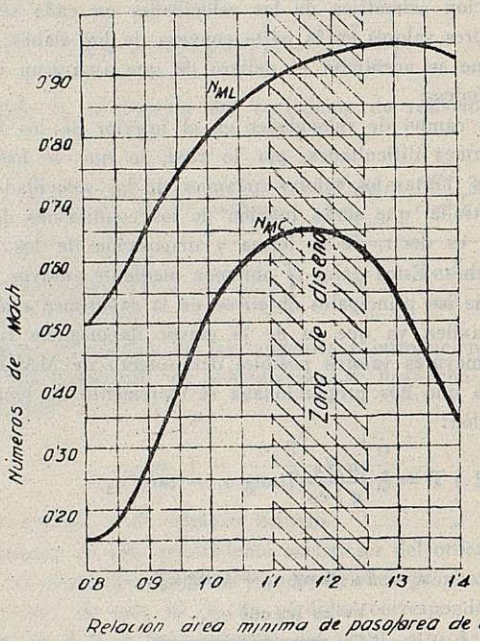


Fig. 20.—*Curvas típicas de las variaciones de los números de MACH crítico y límite en función de la relación área de entrada/área mínima de paso.*

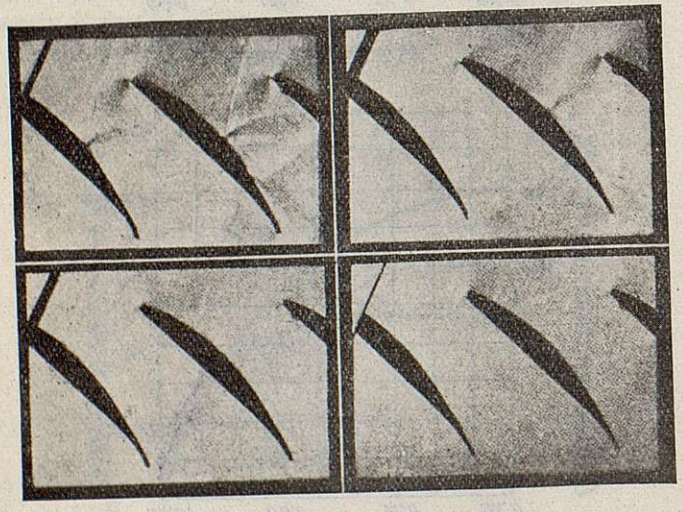


Fig. 19.—*Fotografías mostrando los efectos progresivos de los fenómenos de compresibilidad y formación de ondas de choque. (Del artículo "N. A. C. A. Cascade Data for the Blade Design of High-Performance-Axial Flow Compressors", por S. M. Bogdonoff. Journal of the Aeronautical Sciences, abril 1948.)*

De acuerdo con lo expuesto, puede afirmarse que las curvas experimentales que nos dan el número de MACH crítico en función de σ_m/σ_1 tendrán mucha mayor generalidad que las particulares que nos proporcionan las funciones: $N_{MC} = f(i)$, $N_{MC} = f(s/c)$, $N_{M} = f(s/c)$, etc. No obstante, no existirá una función única $N_{MC} = f(\sigma_m/\sigma_1)$, ya que pueden conseguirse valores iguales de σ_m/σ_1 modificando varias de las otras variables, y entonces, aunque se conservaría el mismo valor de la velocidad media en el estrechamiento, podría dar lugar a una distribución diferente de velocidades en dicha sección. A pesar de esto, la curva que se inserta en la figura 20 tiene bastante generalidad, representando una variación típica del número de MACH crítico con la relación σ_m/σ_1. En ella puede apreciarse que, para relaciones σ_m/σ_1 del orden de 1,15, se alcanzan los valores máximos del número de MACH, que suelen estar comprendidos entre 0,65 y 0,70, aunque, como hemos dicho, en la

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

práctica suele funcionarse con valores superiores a los mencionados. En dicha figura 20 también se han incluído los valores del número de MACH límite, el cual depende casi exclusivamente de la citada relación.

El valor de σ_m / σ_1 está estrechamente ligado con las incidencias que se adopten, ya que ellas influyen muy grandemente en el valor de σ_1, mientras que las posibilidades de modificar el área mínima m actuando sobre los perfiles, o sobre la forma de la línea de curvatura media, no son demasiado grandes. Tomando una incidencia igual a cero, y suponiendo los perfiles reducidos a su línea de curvatura media, tendríamos valores de σ_m/σ_1 en función de la forma de dicha línea, y siempre algo mayores que la unidad, pero no muy por encima de ella. Para obtener valores altos de σ_m/σ_1, sobre todo al tener en cuenta que los espesores de los perfiles disminuyen dicha relación, no habría otro procedimiento que aumentar la incidencia para hacer que disminuyese la sección de entrada; pero esto daría lugar a distribución desventajosa de las velocidades y a entrada del aire

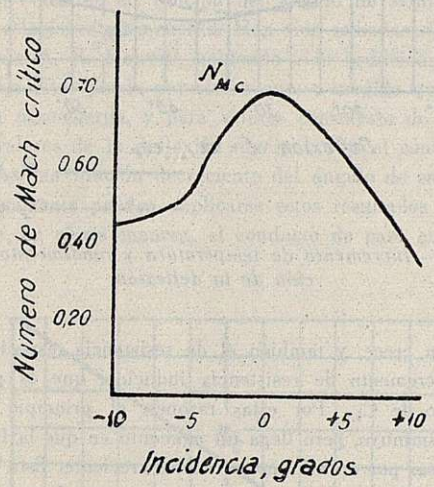


Fig. 21.—*Variación del número de MACH crítico en función de incidencia.*

con choques, lo que podría llevar a disminución del número de MACH crítico cuando se adoptasen grandes valores de dicha incidencia (fig. 21).

La mejor combinación parece ser la que se consigue con incidencias próximas a los cero grados y utilizando perfiles con líneas de curvatura media de forma parabólica, con posición retrasada del espesor máximo del perfil y con la curvatura máxima situada alrededor del 30 % de la cuerda. Esto da lugar a una variación progresiva de las secciones de paso, aumentando los valores de los números de MACH críticos con que puede funcionarse (perfil inglés C-4).

También indicaremos que, como podía esperarse, cuanto más delgados sean los perfiles que se utilicen, mayores números de MACH podrán admitirse (fig. 22), teniendo esto siempre un límite que impone la resistencia de materiales, o el valor mínimo que quiera fijarse para la relación paso-cuerda, ya que habrá de compensarse la falta de espesor del perfil con la de adopción de una cuerda mayor. En la actualidad, los perfiles más comúnmente utilizados tienen sus espesores máximos comprendidos entre el 8 y el 10 %.

No queremos terminar esta cuestión de la influencia que ejerce el número de MACH en las actuaciones de los compresores axiles sin indicar que, al menos teóricamente, ya se han estudiado compresores aptos para funcionar con grandes velocidades supersónicas. Hay que tener en cuenta que la formación de ondas de choque no lleva forzosamente consigo una gran pérdida de rendimiento, la cual es muy pequeña si los números de MACH no sobrepasan mucho de la unidad, y más aún si se consigue que las ondas de choque que se formen sean oblicuas. El Dr. TSIEN (1) ha trabajado en el estudio teórico de un compresor, en el cual, con velocidades axiles subsónicas ($N_M = 0{,}92$), pero con números de MACH en la entrada de los álabes móviles iguales a 1,63, y del orden de 3,00 en los del estator, consigue relaciones de compresión extraordinariamente elevadas en un solo escalonamiento, con rendimiento no inferiores al 65 %. Para ello se utiliza un «estator» de forma especial, en el que se consigue que se formen múltiples ondas de choque oblicuas.

Estos compresores supersónicos solamente podrían funcionar con álabes que tuvieran unas relaciones paso-cuerda muy pequeñas, con las que se obtuviese un guiado casi perfecto de la corriente de aire. Los compresores usuales, con valores de dicha relación del orden de la unidad, son máquinas de muy buen rendimiento, pero de funcionamiento delicado. Sus teorías y sus propiedades son mezcla de las del perfil de álabe aislado y de las de un conducto. Para este último caso, al que nos aproximamos cuando se disponen muchos álabes muy delgados y extremadamente juntos, apenas si influyen las propiedades de los perfiles, preponderando los esfuerzos producidos por los cambios forzados en la dirección de la corriente. En los compresores usuales, una perturbación grande de la marcha del flúido, como es el desprendimiento de la corriente, puede originar el fracaso funcional del compresor, mientras que con los álabes muy próximos podría funcionarse con ondas de choque o con valores de la de flexión por completo inadmisibles en uno usual, debido al perfecto guiado que estos últimos proporcionarían. Ahora bien, no debe olvidarse que esto se conseguiría a costa del rendimiento, factor esencial cuando se aplican estos compresores a los motores de reacción, en los cuales una disminución desde 0,85 a 0,65 en dicho rendimiento puede dar lugar a pérdidas de potencia útil del orden del 50 %. Además, posiblemente habrían de tener muy grandes dificultades constructivas, no habiendo sido en la actualidad llevados a la práctica.

Deflexión máxima que puede admitirse

Uno de los más importante parámetros en el cálculo de compresores es el valor máximo de la deflexión, $\epsilon = \alpha_1 - \alpha_2$, que puede admitirse.

Para un número de MACH dado, o, lo que es análogo, fijando el valor de la velocidad relativa de entrada w_1, la fórmula (37) nos indica que el incremento de temperatura es proporcional a la expresión:

$$(\text{tang}^2 \alpha_1 - \text{tang}^2 \alpha_2) \cos^2 \alpha_1;$$

(1) TSIEN, H. S.: «Axial Compressors with Supersonic Exit Velocities from Rotating Buckets». Este ejemplo es citado en la Referencia 9 del artículo anterior.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

la cual es igual al coeficiente teórico de subida de presión que se obtiene de la fórmula (35):

$$C_{pt} = \frac{\Delta p_t}{\frac{1}{2} \rho w^2_1} = 1 - \frac{\cos^2 \alpha_1}{\cos^2 \alpha_2}, \qquad (33)$$

Para un valor dado de α_1, el máximo de la expresión anterior se presenta cuando $\alpha_2 = 0$, siendo igual a:

$$\text{tang}^2 \alpha_1 \cos^2 \alpha_1 = \text{sen}^2 \alpha_1;$$

que a su vez es máximo para $\alpha_1 = 90°$, y valiendo entonces la unidad.

Desde este punto de vista, el único límite de la deflexión vendría dado por la condición de que el ángulo α_1 se mantuviese por debajo de un cierto valor, ya que al ser la velocidad axil V_a igual a $w_1 \cos \alpha_1$, iría disminuyendo al aumentar dicho ángulo y llegaría a anularse en el caso límite de que α_1 fuese igual a 90°. Por su parte, la velocidad periférica u dada por:

$$u = w_1 (\text{tang } \alpha_1 + \tan \alpha_2) \cos \alpha_1,$$

crecería a medida que α_1 aumentase, pasando por un máximo cuando:

$$\text{tang } \alpha_1 = \frac{1}{\text{tang } \alpha_2},$$

y tendiendo a valer w_1 cuando α_1 tendiese a 90°.

Como veremos, hay razones que nos limitarán los valores de la deflexión independientemente de las consideraciones que se acaban de hacer, las cuales solamente imponen una condición restrictiva en los valores máximos de los ángulos de entrada.

Admitiendo valores constantes de las velocidades u y V_a, el incremento de temperatura aumenta siempre con la diferencia $\alpha_1 - \alpha_2$ (fórmula 30).

Por otra parte, el rendimiento η_e dado por

$$\eta_e = 1 - \frac{2}{\text{sen } (2 \alpha_m)} \frac{C_D}{C_L}$$

es, entre ciertos límites, también función creciente de la deflexión. Para un valor fijado de α_2, al aumentar α_1, el coeficiente de

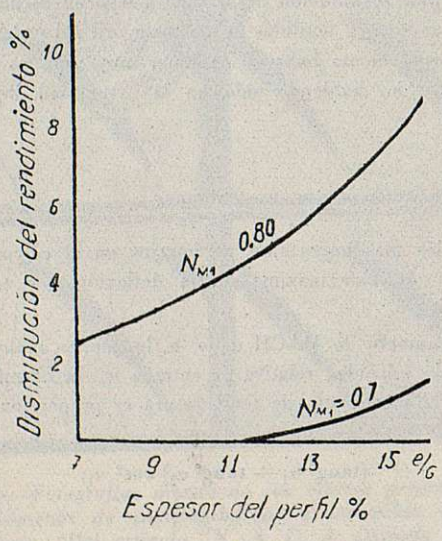


Fig. 22.—*Disminución del rendimiento cuando se aumenta el espesor del perfil para valores constantes del número de MACH.*

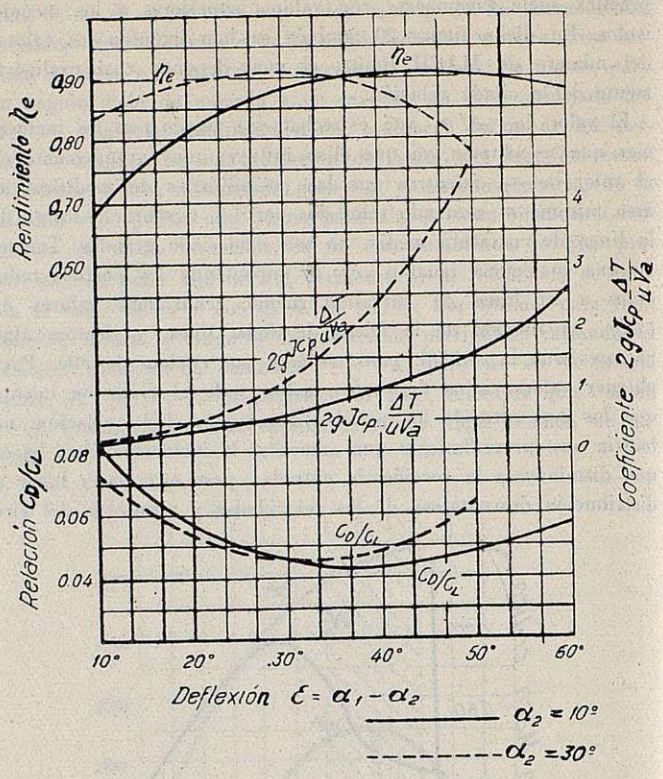


Fig. 23.—*Incremento de temperatura y rendimiento en función de la deflexión.*

sustentación crece, y también el de resistencia, especialmente debido al incremento de resistencia inducida, que es proporcional al cuadrado de C_L. Por estas razones, al principio la relación C_D/C_L disminuye, pero llega un momento en que la función, después de pasar por un mínimo, se vuelve creciente. Esta disminución de C_D/C_L queda compensado sobradamente por el aumento que experimenta sen (2 α_m) cuando α_1 crece; pero a su vez, cuando 2 α_m llega a ser mayor que 90°, comienza a decrecer el valor del seno, pudiéndose llegar a la anulación del rendimiento si se continúa aumentando el ángulo de entrada.

En la figura 23 se han trazado unos gráficos en los que se resume lo que acaba de exponerse.

Como vemos, a causa de la disminución del rendimiento habría que limitar los valores de la deflexión; límite tanto más pequeño cuanto mayor fuese el ángulo de salida α_2. Pero no es esto solamente lo que acontece en la práctica. Estos razonamientos serían completamente válidos en el caso de un guiado perfecto del aire; pero hay que tener en cuenta que cuando se sobrepasa de un cierto valor en la deflexión, sobrevendrá el desprendimiento de la corriente y el atascamiento del compresor.

En efecto, considerado el álabe como un perfil aislado, no podrá sobrepasarse de un cierto C_L máximo, o bien, si se estudia el compresor como una serie de pasajes, tampoco podrá pasarse en ellos del ángulo de difusión máximo.

Ya sabemos que la presencia de los otros álabes modifica grandemente los resultados que se obtengan para un perfil aislado. Por otra parte, no son válidas las fórmulas que limitan los ángulos en los difusores de eje recto, pues la forma curvada de los perfiles modifica la distribución de la corriente, favoreciendo el des-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

prendimiento de la misma. Por estas razones es necesario recurrir a la experimentación directa, bien sobre compresores o en túneles en cascada, en los que se estudian las propiedades de las hileras de álabes, obteniendo en cada caso los valores de la deflexión crítica que produce el desprendimiento de la corriente.

En estos ensayos se ha comprobado que la deflexión crítica depende principalmente del ángulo de salida α_2 y de la relación paso-cuerda s/c. siendo también función de la incidencia y de la curvatura del perfil. Ahora bien, para ángulos de incidencia pequeños, como los normalmente utilizados en la práctica, la deflexión crítica apenas si varía con ellos, y teniendo en cuenta que la curvatura del álabe se relaciona inmediatamente con el valor de $\alpha_1 - \alpha_2$, resulta que puede considerarse dicha deflexión crítica como función exclusiva de α_2 y s/c.

En la práctica se diseñan los compresores para que funcionen con una deflexión nominal del orden del 80 % de la crítica, a fin de tener un cierto margen de seguridad. En las figuras 24, 25 y 26 se han insertado unas curvas que proporcionan la deflexión nominal, $\epsilon_n = 0{,}8\ \epsilon_c$, en función del ángulo de salida α_2 y para diferentes relaciones paso-cuerda. Han sido tomadas de la referencia 2 (según A. R. Howell), habiendo sido deducidas experimentalmente. En ellos puede apreciarse que, a medida que disminuye la relación paso-cuerda, y para valores constantes de α_2, son mayores los valores de la deflexión nominal. Por el contrario, dicha deflexión es una función decreciente del ángulo de salida.

Cualitativamente pueden explicarse estos resultados teniendo en cuenta que, en cierta manera, el conducto de paso entre dos álabes puede asimilarse a un difusor. Por esto no podrá sobrepasarse de un cierto valor de la relación de secciones σ_2/σ_1, la cual, para una determinada distancia entre ellas, nos da una indicación del ángulo de difusión. Para un valor constante de s/c la deflexión crítica habrá de producirse para relaciones $\sigma_2/\sigma_1 = \cos\alpha_2/\cos\alpha_1$, aproximadamente constantes, y como los cosenos varían más rápidamente al acercarse a los 90°, resultará que para mantener constante dicha relación al aumentar α_2, habrá que ir disminuyendo la diferencia $\alpha_1 - \alpha_2$. Por otra parte, para valores constantes de α_1 y α_2, al disminuir s/c resultan más pequeñas las secciones de entrada y salida, aunque su relación se mantenga invariable. Como la distancia entre ellas permanece constante, resultará que el ángulo de divergencia o difusión será más pequeño, pudiendo aumentarse, en consecuencia, la relación σ_2/σ_1, o sea, la deflexión.

No hay que olvidar que la forma de los perfiles influye en gran manera en los resultados, debido a su posición, curvatura y sección de estrechamiento, que hacen cambiar las características de la difusión. En las figuras anteriores también se han incluído los gráficos de la variación de σ_1/σ_2 y de v/c. Esta última ha sido calculada para incidencia nula y con las fórmulas:

$$\frac{v}{c} = \frac{1}{2}\,\frac{1 - \cos\dfrac{\beta_1 - \beta_2}{2}}{\operatorname{sen}\dfrac{\beta_1 - \beta_2}{2}}; \qquad \beta_1 = \alpha_1;$$

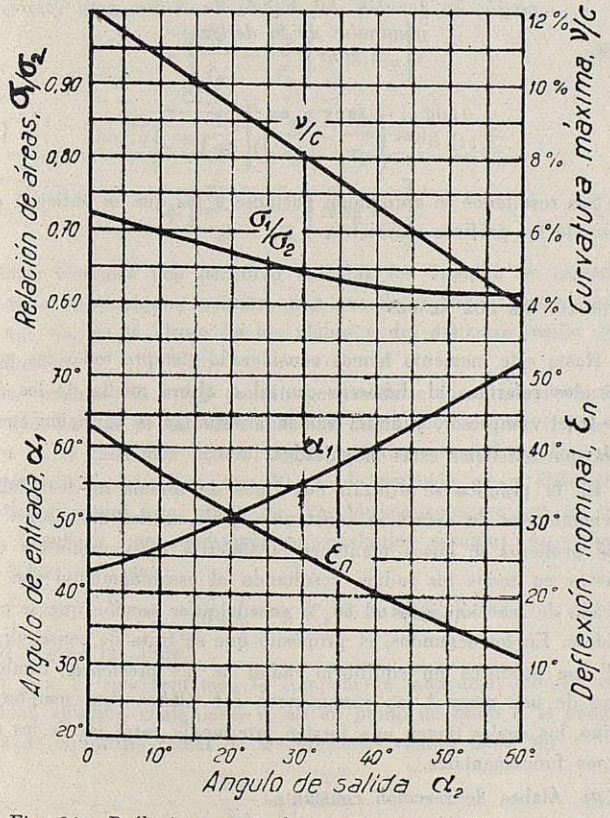


Fig. 24.—*Deflexión nominal, ángulo de entrada, curvatura máxima y relación 1/2 en función del ángulo de salida* (s/c = 0,5).

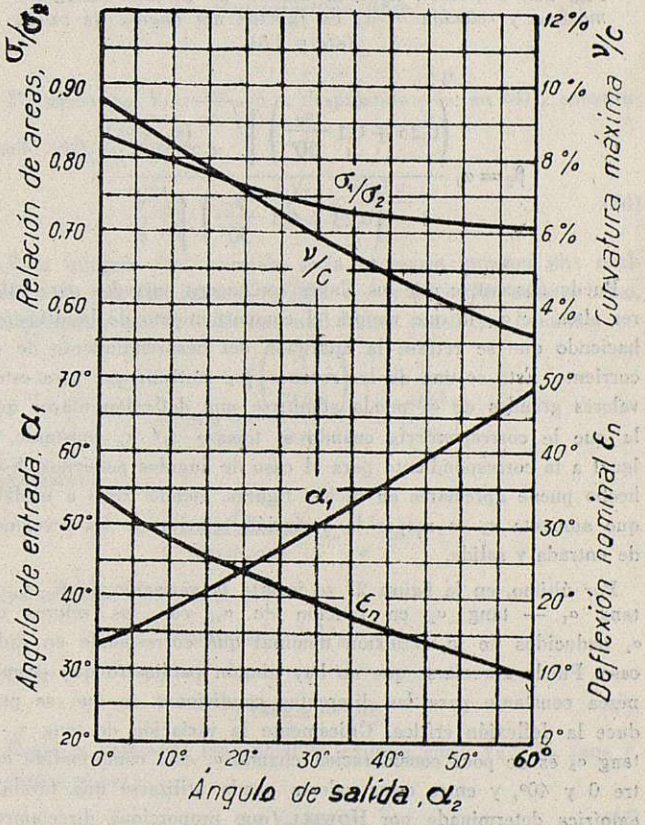


Fig. 25.—*Deflexión nominal, ángulo de entrada, curvatura máxima y relación σ_1/σ_2 en función del ángulo de salida* (s/c = 1).

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

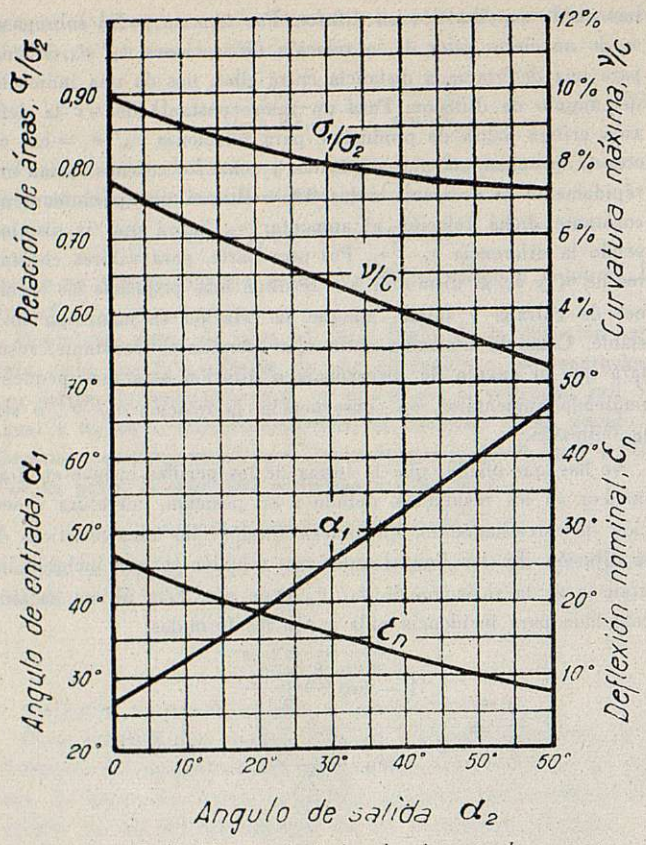


Fig. 26.—*Deflexión nominal ángulo de entrada, curvatura máxima y relación σ_1/σ_2 en función del ángulo de salida* (s/c = 1,5).

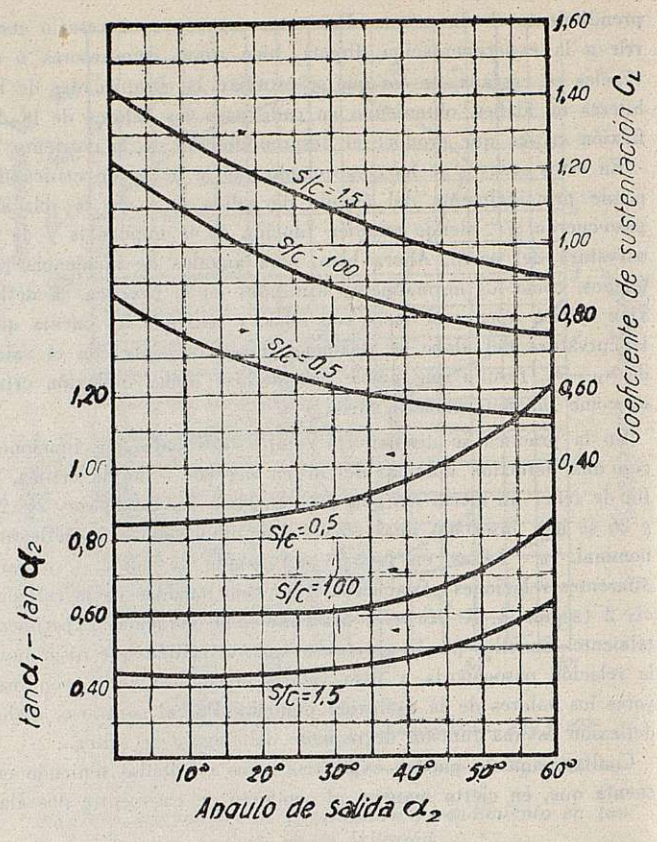


Fig. 27.—*Curvas del coeficiente de sustentación y de* tang α_1 — tang α_2 *en función del ángulo de salida, para valores nominales de la deflexión.*

$$\beta_2 = \alpha_2 \frac{\left(0{,}23 + 0{,}1\,\frac{\alpha_2}{50^\circ}\right)\sqrt{\frac{s}{c}}\,(\alpha_1 - \alpha_2)}{1 - \left(0{,}23 + 0{,}1\,\frac{\alpha_2}{50^\circ}\right)\sqrt{\frac{s}{c}}}.$$

Puede observarse que los álabes son menos curvados para valores altos de α_2, lo que mejora el comportamiento de la difusión, haciendo que se retrase la aparición del desprendimiento de la corriente. Esta es una de las razones que motivan que para estos valores grandes de α_2 pueda admitirse una deflexión mayor que la que le correspondería cuando se tomase σ_1/σ_2 constante, e igual a la correspondiente para el caso de ángulos pequeños. Este hecho puede apreciarse en dichas figuras, viendo cómo a medida que aumenta α_2 es mayor la variación relativa de las secciones de entrada y salida.

Por último, en la figura 27 se inserta la variación de C y de tang α_1 — tang α_2 en función de α_2, con los valores de α_1 deducidos de la deflexión nominal que corresponde en cada caso. Puede apreciarse que no hay ningún parámetro que permanezca constante para las diferentes condiciones en que se produce la deflexión crítica. Únicamente la variación de tang α_1 — tang α_2 es de poca consideración cuando α_2 está comprendido entre 0 y 40°, y entre estos valores puede utilizarse una fórmula empírica determinada por HOWELL, que proporciona directamente la diferencia entre las tangentes de α_1 y α_2 en función exclusiva de la relación paso-cuerda:

$$\text{tang } \alpha_1 - \text{tang } \alpha_2 = \frac{1{,}55}{1 + 1{,}5\,\frac{s}{c}}. \qquad (39)$$

Sus resultados se aproximan bastante a los que se obtienen utilizando los gráficos anteriores.

TORSIÓN DE LOS ÁLABES

Hasta este momento hemos considerado siempre todas las magnitudes referidas al diámetro central o altura media de los álabes del compresor, y ahora vamos a estudiar la variación radial que pueden tener estas magnitudes.

En la práctica se utilizan dos tipos de torsión en los álabes, denominados de «reacción constante», y de «torbellino libre». En los primeros se busca mantener la simetría entre «rotor» y «estator» en todos los radios, resultando el escalonamiento con un grado de reacción igual al 50 % en cualquier sección que se considere. En los segundos, el propósito que se trata de conseguir es el que produzca un equilibrio radial de las presiones. También son de uso general los compresores con álabes tipo semi-torbellino, los cuales tienen una torsión intermedia entre las de los dos tipos fundamentales.

a) Álabes de reacción constante.

En ellos se plantean las siguientes condiciones:

1.ª Velocidad axil constante en todos los radios.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

2.ª Incremento de temperatura también constante, que se expresará con la ecuación:

$$u\,V_a\,(\text{tang}\,\alpha_1 - \text{tang}\,\alpha_2) = \text{Cte.}$$

3.ª Grado de reacción constante:

$$GR = \frac{\text{tang}^2\,\alpha_1 - \text{tang}^2\,\alpha_2}{\text{tang}^2\,\alpha_1 - \text{tang}^2\,\alpha_2 + \text{tang}^2\,\alpha_3 - \text{tang}^2\,\alpha_4} = \text{Cte.};$$

o bien con $\alpha_0 = \alpha_4$:

$$GR\,\frac{V_a}{2\,u}\,(\text{tang}\,\alpha_1 + \text{tang}\,\alpha_2) = \text{Cte.}$$

Por tanto, indicando con un subíndice c las magnitudes en la sección central, con v en el vértice, b en la base y z en cualquier otra sección de radio r, podemos plantear las ecuaciones:

$$u_c\,V_a\,(\text{tang}\,\alpha_{1c} - \text{tang}\,\alpha_{2c}) = u_z\,V_a\,(\text{tang}\,\alpha_{1z} - \text{tang}\,\alpha_{2z});$$

$$\frac{V_a}{2\,u_c}\,(\text{tang}\,\alpha_{1c} + \text{tang}\,\alpha_{2c}) = \frac{V_a}{2\,u_z}\,(\text{tang}\,\alpha_{1z} + \text{tang}\,\alpha_{2z});$$

resultando:

$$\frac{\text{tang}\,\alpha_{1z} - \text{tang}\,\alpha_{2z}}{\text{tang}\,\alpha_{1c} - \text{tang}\,\alpha_{2z}} = \frac{u_c}{u_z} = \frac{r_c}{r_z};$$

$$\frac{\text{tang}\,\alpha_{1z} + \text{tang}\,\alpha_{2z}}{\text{tang}\,\alpha_{1c} + \text{tang}\,\alpha_{2c}} = \frac{u_z}{u_c} = \frac{r_z}{r_c};$$

y quedando, por último:

$$\text{tang}\,\alpha_{1z} = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{r_z}{r_c} + \frac{r_c}{r_z}\right)\text{tang}\,\alpha_{1c} + \left(\frac{r_z}{r_c} - \frac{r_c}{r_z}\right)\text{tang}\,\alpha_{1c}\right]. \qquad (40)$$

$$\text{tang}\,\alpha_{2z} = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{r_z}{r_c} - \frac{r_c}{r_z}\right)\text{tang}\,\alpha_{1c} + \left(\frac{r_z}{r_c} + \frac{r_c}{r_z}\right)\text{tang}\,\alpha_{2c}\right]. \qquad (41)$$

Estas fórmulas nos permiten calcular los ángulos de entrada y salida en cualquier sección, una vez determinados los valores de α_{1c}, α_{2c}, de la altura de los álabes y del diámetro medio del compresor.

Los ángulos α_{3z} y α_{0z} podrán determinarse inmediatamente en función de α_{1z} y α_{2z}, utilizando los triángulos de velocidades; pero en el caso más general en la práctica estos tipos de compresores son simétricos, con 50 % de reacción en el diámetro central, y como este grado de reacción se conserva con el radio, resultará que tendremos en cualquier sección: $\alpha_{0z} = \alpha_{2z}$; $\alpha_{1z} = \alpha_{3z}$; así como:

$$u_z = V_a\,(\text{tang}\,\alpha_{1z} + \text{tang}\,\alpha_{2z})$$

b) Torbellino libre.

Si con V_t representamos la componente tangencial de una velocidad absoluta cualquiera, V, en un punto de radio r, la condición de equilibrio radial de las presiones vendrá dada por:

$$\frac{\partial p}{\partial r} = \rho\,\frac{V_t^2}{r}. \qquad (42)$$

Para este estudio del equilibrio admitiremos que la corriente del flúido es potencial. En este caso, en la ecuación de Bernouilli:

$$\int \frac{dp}{\rho} + \frac{1}{2}\,V^2 = C,$$

su constante no dependerá del radio, y derivando respecto a esta última magnitud, resultará:

$$\frac{1}{\rho}\,\frac{\partial p}{\partial r} + V\,\frac{\partial V}{\partial r} = 0. \qquad (43)$$

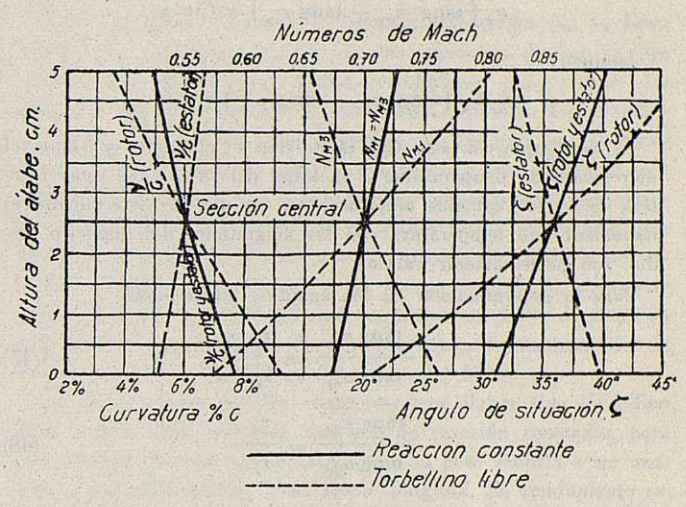


Fig. 28.—*Variaciones de los ángulos de entrada y salida en función de la altura, en álabes de reacción constante y tipo torbellino libre.*

Poniendo que $V_t = V \text{ sen } \alpha$, despejando $\frac{\partial p}{\partial r}$ en (4) y substituyendo (42), se obtiene:

$$-\frac{1}{V}\,\frac{\partial V}{\partial r} = \frac{\text{sen}^2\,\alpha}{r}. \qquad (44)$$

Para integrar esta ecuación sería necesario imponer una cualquiera de las funciones $V = f(r)$ o $\alpha = f(r)$. En nuestro caso, plantearemos que la velocidad axil V_a es constante. Resulta:

$$-\cos\alpha\,\frac{\partial\left(\frac{1}{\cos\alpha}\right)}{\partial r} = \frac{\text{sen}^2\,\alpha}{r};$$

quedando:

$$\frac{d\alpha}{\text{sen}\,\alpha\cos\alpha} + \frac{dr}{r} = 0;$$

cuya solución viene dada por:

$$\log(\text{tang}\,\alpha) + \log r = \text{Cte.};$$

o bien:

$$r\,\text{tang}\,\alpha = \text{Cte.} \qquad (45)$$

Como la velocidad tangencial se expresa con: $V_t = V_a \text{ tang } \alpha$, podemos poner:

$$r\,V_t = \text{Cte.} \qquad (46)$$

Esta condición se verifica en los torbellinos libres, y por esta

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

razón, cuando se aplica a la torsión de los álabes reciben precisamente este nombre.

En nuestro caso se efectuará la torsión de los álabes para que las velocidades absolutas de entrada y salida cumplan dicha condición, debiendo ponerse:

$$r \operatorname{tang} \alpha_{oz} = \text{Cte.}; \qquad r \operatorname{tang} \alpha_{3z} = \text{Cte.}$$

Como u_z/r_z también es constante, multiplicando esta relación por las igualdades anteriores y restando, resulta:

$$u_z \left(\operatorname{tang} \alpha_{3z} - \operatorname{tang} \alpha_{oz} \right) = \text{Cte.};$$

y también:

$$u_z \, V_a \left(\operatorname{tang} \alpha_{3z} - \operatorname{tang} \alpha_{oz} \right) = \text{Cte.}$$

Es decir, que con este tipo de torsión se mantiene constante el incremento de temperaturas a lo largo del radio. Por estas razones, todos los cálculos anteriores en los que se determinaba el incremento de temperatura con las magnitudes del diámetro medio, son perfectamente válidos.

Para la determinación de los ángulos, pondremos:

$$\frac{\operatorname{tang} \alpha_z}{\operatorname{tang} \alpha_{oc}} = \frac{r_c}{r_z}; \tag{47}$$

$$\frac{\operatorname{tang} \alpha_{3z}}{\operatorname{tang} \alpha_{3c}} = \frac{r_c}{r_z} \tag{48}$$

Deduciéndose α_{1z} y α_{2z} de los triángulos de velocidades, o lo que es lo mismo, de las expresiones:

$$u_z = V_a \left(\operatorname{tang} \alpha_{1z} + \operatorname{tang} \alpha_{oz} \right);$$

$$u_z = V_a \left(\operatorname{tang} \alpha_{2z} + \operatorname{tang} \alpha_{oz} \right).$$

resultando:

$$\frac{\operatorname{tang} \alpha_{1z} + \operatorname{tang} \alpha_{oz}}{\operatorname{tang} \alpha_{1c} + \operatorname{tang} \alpha_{oc}} = \frac{r_z}{r_c}; \tag{49}$$

$$\frac{\operatorname{tang} \alpha_{2z} + \operatorname{tang} \alpha_{3z}}{\operatorname{tang} \alpha_{2c} + \operatorname{tang} \alpha_{3c}} = \frac{r_z}{r_c}. \tag{50}$$

En la figura 28 están dibujados los gráficos de la variación radial de los ángulos de entrada y salida del «rotor» y del «estator», para ambos tipos de compresores. En la figura siguiente están trazadas las curvas de los números de MACH, curvaturas y ángulos de situación. Se han calculado con las fórmulas ya expuestas, habiéndose utilizado los siguientes datos numéricos:

$$\alpha_{2z} = 30°; \quad s/c = 1; \quad \alpha_{1c} = 50°;$$

$$N_{M1} = 0{,}7; \quad T_1 = 288°;$$

$$\omega_{1c} = 233 \text{ m./seg.}; \quad V_a = 150 \text{ m /seg.};$$

$$u_c = 265 \text{ m./seg.}; \quad G = 10 \text{ Kg./seg.};$$

$$h = 5 \text{ cm.}; \quad r_c = 18{,}75 \text{ cm.}; \quad i = 0.$$

En las figuras citadas puede apreciarse cómo en los álabes de tipo torbellino libre la variación de sus ángulos es mucho más considerable. Consecuencia de ello es que su torsión, medida por el ángulo de situación, también es mucho mayor. Excepto en la sección central, los álabes del «rotor» y del «estator» son completamente asimétricos, disminuyendo la curvatura en los primeros desde la raíz hasta el vértice, y ocurriendo lo contrario en los segundos (1). Merece consideración especial la variación radial de los números de MACH en uno y otro tipo de compresores. En los de reacción constante el número de MACH de la velocidad relativa de entrada aumenta con la altura del álabe, pero no muy considerablemente. En cambio, en los de tipo torbellino libre la variación es muy acusada; presentándose los valores máximos en el vértice, cuando se trata de álabes del «rotor», y en la raíz, en el caso de los del estator, aunque aquí con valores más reducidos que en el extremo de los álabes móviles.

En el ejemplo que se ha expuesto gráficamente, no se alcanzan valores excesivamente altos del número de MACH en el vértice de los álabes móviles. Esto es debido a que se ha tomado una relación h/r_c más bien pequeña, pues con valores mayores de ella, podría llegar a ser dicho número de MACH mayor que la unidad, para valores en el diámetro central del orden de 0,7.

Según esto, en la realidad no pueden admitirse en ambos tipos de compresores iguales valores del número de MACH en el diámetro medio, sino que donde hay que referirlos es al extremo de los álabes. De aquí resulta que los álabes de tipo torbellino libre

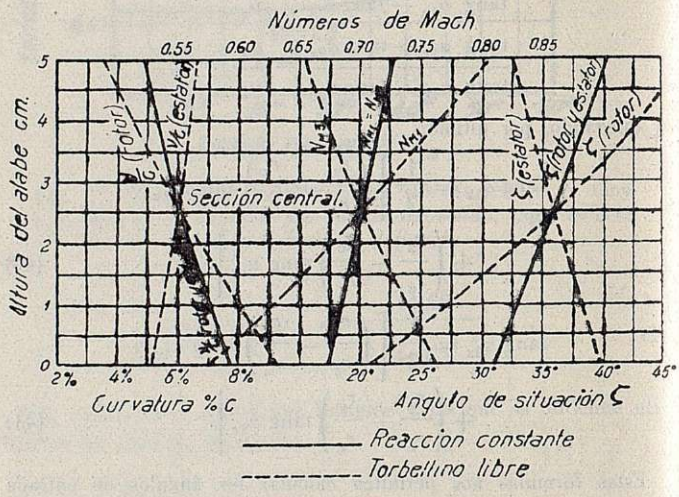


Fig. 29.—*Números de MACH, curvaturas máximas y ángulos de situación en función de la altura, en álabes de reacción constante y tipo torbellino libre.*

producen un incremento de temperatura o presión por escalón menor que los de reacción constante, pues al igualar los números de MACH en el vértice, resultan con valores más reducidos en todo el resto del álabe. En la figura 30 se han insertado unos gráficos que aclaran lo expuesto. En ella se comparan los álabes de reacción constante con los de torbellino libre, habiéndose tomado para ambos un número de MACH en el extremo de los álabes móviles igual a 0,75, y unos ángulos de entrada y salida en la sección central, α_{1c} y α_{2e}, iguales a 50 y 30°, respectivamente. En función de h/r_c se han determinado los ángulos α_{1v} y α_{2v}, mediante las fórmulas (40), (41), (47), (48), (49) y (50). Con $T_1 = 288°$ y los valores de N_{M1v} y α_{1v} se calcula la velocidad axil,

(1) Para evitar confusiones, indicaremos que, con las denominaciones vértice y base, se entienden las secciones de los álabes más alejadas y más cercanas del eje del compresor, respectivamente, independientemente de por donde se fijen.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

y en función de ella, la periférica u_c. El régimen se determina con la expresión:

$$n = \frac{60\, u_c}{\pi\, D_c},$$

habiéndose tomado $D_c = 0{,}50$ m.

Para valores pequeños de la relación h/r_c no es muy grande la discrepancia entre ambos tipos de álabes, pero va acentuándose más y más a medida que dicha relación aumenta. El valor de h/r_c es muy variable, no solamente de unos compresores a otros, sino en uno mismo, ya que, debido principalmente al aumento de densidad, los álabes van disminuyendo de altura en los sucesivos escalonamientos, y como el radio es constante o varía muy poco, resulta que h/r_c también decrece. No obstante lo dicho, en general puede admitirse que estas relaciones vienen a estar comprendidas entre 1/10 y 1/3, y para estos valores viene a ser el incremento de temperatura en los álabes de tipo torbellino libre del orden del 80 %, del que se obtiene en el caso de reacción constante.

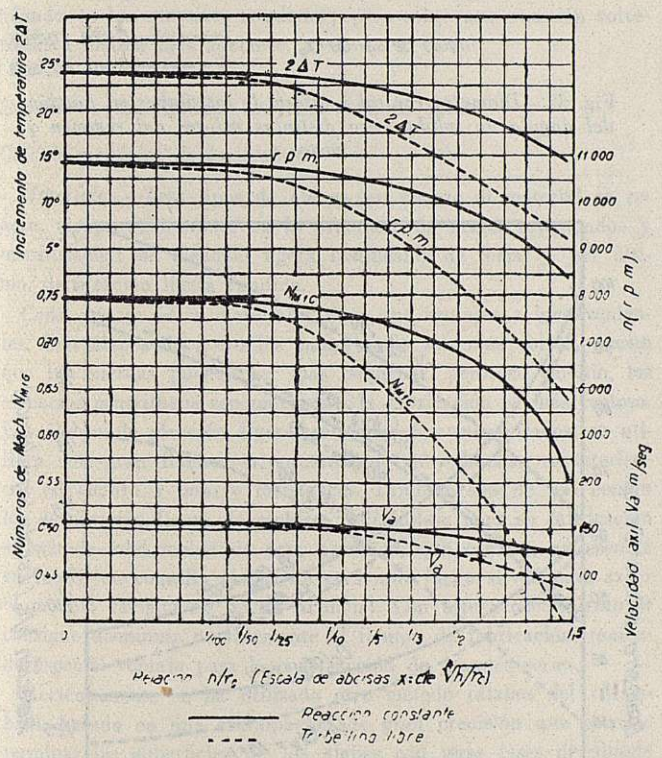


Fig. 30.—*Curvas de incremento de temperatura, régimen, número de MACH en la sección central y velocidad axil en función de la relación altura de álabe/radio central del compresor, para compresores de reacción constante y tipo torbellino libre, habiendo tomado un valor constante del número de MACH en los extremos de los álabes.*

El régimen también es más reducido en los compresores con álabes de tipo torbellino libre, pudiendo asimismo estimarse como del orden del 80 % del correspondiente a los álabes de reacción constante, y para los valores de h/r_c comprendidos entre los citados.

De la citada figura puede también deducirse la conclusión de que relaciones h/r_c inferiores a 1/2 son francamente perjudiciales para ambos tipos de compresores.

El que se funcione con régimen más reducido con álabes tipo torbellino libre es una ventaja, pero no la más importante. Debido a la gran variación radial de los números de MACH, aun para valores elevados en el extremo de los álabes móviles, corresponden valores muy reducidos en la base. De acuerdo con esto, estos álabes admiten un espesor en la raíz mucho mayor que en el vértice, siendo notablemente apropiados para construirlos de perfil variable.

Como los álabes del rotor se disponen empotrados por su base, resulta que con esta variación de los espesores de los perfiles presentan los álabes muy buenas condiciones para resistir los momentos flectores producidos por el aire, pudiendo dimensionarse con cuerdas bastante más pequeñas que las que han de tener los de reacción constante, en los cuales no puede admitirse esta variación del espesor del perfil, por ser en ellos casi constantes los números de MACH. También en dichos álabes puede admitirse un esfuerzo mayor de flexión para un cierto valor máximo del esfuerzo combinado de flexión y de fuerza centrífuga, pues este último también es menor del que resulta en un álabe de reacción constante de igual altura. En muchos casos, la disminución de cuerda que puede lograrse es del orden del 40 %.

Con esto, resulta que un compresor con álabes tipo torbellino libre tendría más escalones que uno de reacción constante, para una relación de compresión dada; pero su peso vendría a ser análogo y pudiendo incluso tener menor longitud. Su rendimiento sería ligeramente superior, y en él podrían admitirse mayores tolerancias en los juegos radiales. Claro que en ellos habría bastante mayor número de álabes, multiplicándose los efectos de tener más álabes por escalón y mayor número de escalonamientos.

En la práctica se utilizan con gran frecuencia los compresores con álabes tipo semi-torbellino. Sus características son completamente intermedias de las de los tipos citados, por lo cual no se ha hecho mención especial de ellos.

Determinación del diámetro del compresor y de la altura de los álabes

El gasto en peso del aire está ligado con el diámetro central, y la altura de los álabes, con la ecuación:

$$G = \rho_c\, \pi\, D_c\, h\, V_a \qquad (51)$$

Por otra parte, este diámetro central se relaciona con el régimen y la velocidad periférica mediante la expresión:

$$u = \frac{\pi\, n}{60} D_c \qquad (52)$$

Como para un grado de reacción igual al 50 % en la sección media (caso general), se verifica que:

$$u = V_a\, (\operatorname{tang} \alpha_{1c} + \operatorname{tang} \alpha_{2c})$$

resulta:

$$D_c = 60\, \frac{V_a\, (\operatorname{tang} \alpha_{1c} + \operatorname{tang} \alpha_{2c})}{\pi\, n};$$

y en función del número de MACH de entrada:

$$D_c = \frac{60\, \sqrt{g\, \gamma\, R T_1}\, N_{M1c}\, (\operatorname{tang} \alpha_{1c} + \operatorname{tang} \alpha_{2c})}{\pi\, n}. \qquad (53)$$

Como α_{1c} es función de α_{2c}, resulta que, fijando el valor del

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

número de MACH en la sección central, el diámetro medio es función del ángulo de salida y del régimen de compresor, pero siendo independiente del gasto de aire.

La función:

$$(\text{tang}\,\alpha_{1c} + \text{tang}\,\alpha_{2c})\cos\alpha_{1c}$$

es creciente para cualquier valor positivo del ángulo α_{2c}, aumentando en consecuencia el diámetro central con el ángulo de salida. Por el contrario, es inversamente proporcional al régimen del compresor.

La altura de los álabes depende del ángulo α_{2c}, régimen y número de MACH, como en el caso del diámetro central, pero además, es proporcional al gasto de aire; lo que se pone de manifiesto con la expresión:

$$h = \frac{60}{\rho_e\, g\, \gamma\, RT_1} \cdot \frac{G}{N_{M1c}^2\,(\text{tang}\,\alpha_{1c} + \text{tang}\,\alpha_{1c})\cos^2\alpha_{1c}} \quad (54)$$

La función:

$$(\text{tang}\,\alpha_{1c} + \text{tang}\,\alpha_{2c})\cos^2\alpha_{1c}$$

aumenta al principio con α_{2c}, llega a un máximo para valores de este ángulo del orden de los 30-40°, y luego se vuelve decreciente. De aquí resulta que la altura de los álabes variará en función de α_{2c} de una manera inversa a la mencionada.

En las figuras 31 y 32 se expresan gráficamente las consideraciones que acabamos de citar. En ellas se ha tomado:

$$N_{M1c} = 0{,}7; \qquad T_1 = 288°; \qquad s/c = 1.$$

Puede observarse en ellas cómo la altura de los álabes se hace casi independiente del ángulo α_2 cuando es bajo el régimen de funcionamiento.

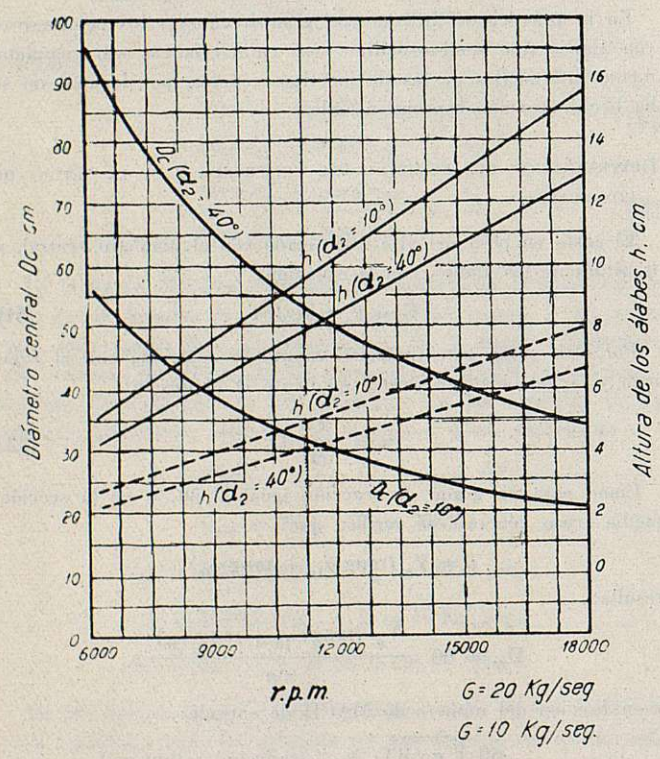


Fig. 31.—*Diámetro central y altura de los álabes en función del régimen para distintos valores del gasto y del ángulo de salida.*

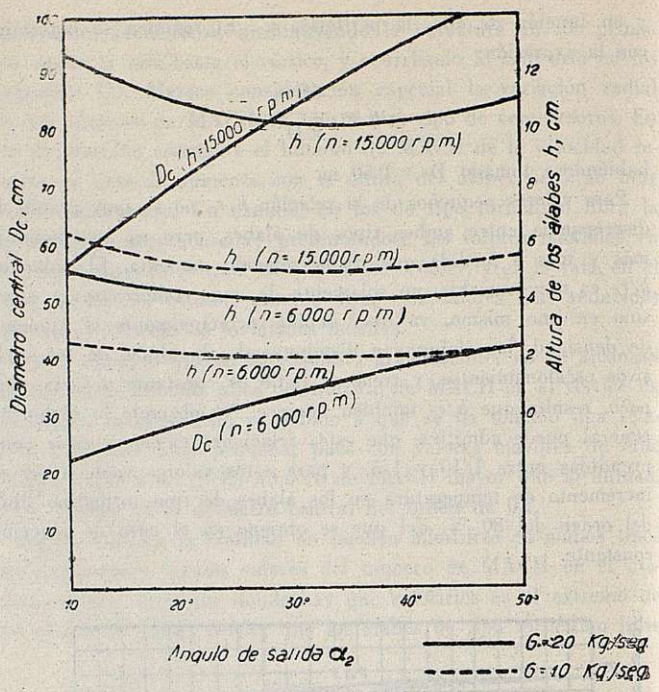


Fig. 32.—*Diámetro central y altura de los álabes en función del ángulo de salida, para distintos valores del régimen y gasto.*

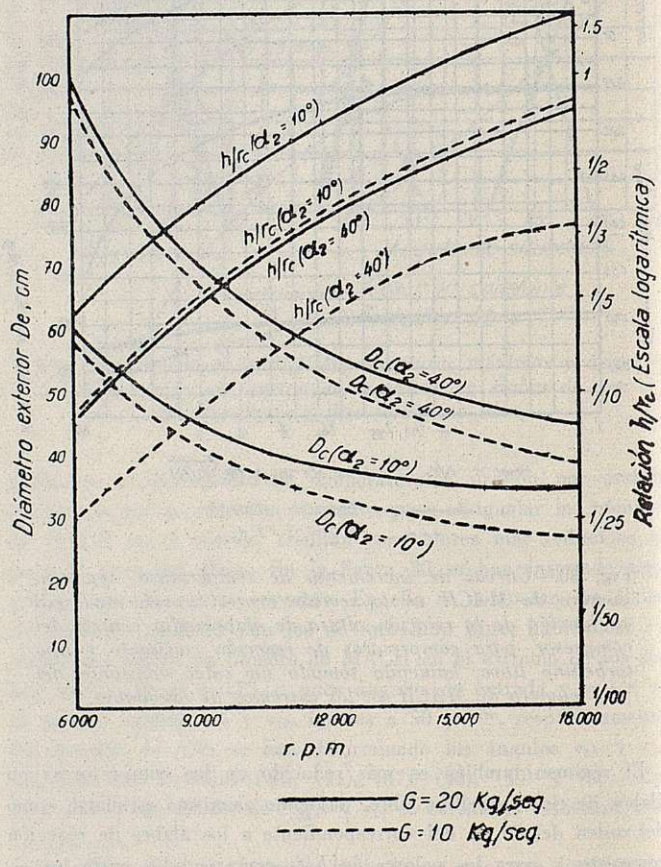


Fig. 33.—*Diámetro exterior del compresor y relación* h/r *en función del régimen, para distintos gastos y ángulos de salida.*

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Finalmente, el diámetro exterior del compresor, factor de la mayor importancia cuando se utilizan en motores de reacción, vendrá dado por: $D_e = D_c + h$.

Obteniéndose como suma de las fórmulas (53) y (54).

En la figura 33 está representada su variación en función del régimen, en condiciones diferentes de gastos y ángulos de salida. Puede apreciarse cómo este diámetro exterior disminuye con el régimen, pero siendo mucho más acentuada esta variación en los valores bajos de las r. p. m. Por el contrario, la relación h/r_c aumenta, creciendo también cuando el ángulo α_{2c} disminuye. Los valores altos de h/r_c son perjudiciales, pues los álabes largos trabajan en peores condiciones que los cortos en cuanto a su resistencia mecánica, y al tener que dimensionarlos con cuerdas mayores resultará incrementada la longitud total del compresor. Las relaciones h/r_c muy pequeñas son mejores desde este punto de vista, pero pueden dar origen a que disminuya el rendimiento del escalón.

En la fórmula (54) puede observarse que la altura de los álabes es inversamente proporcional al peso específico del aire. Por esta razón, son cada vez más cortos cuando el aire se va comprimiendo en los sucesivos escalones; pero sobre esta cuestión volveremos a insistir más adelante.

Elementos del cálculo de compresores axiles

Cálculo mecánico de los álabes.

Materiales.—Tres tipos de álabes, en cuanto al material se refiere, vienen utilizándose en la práctica: de acero, estampados y mecanizados; de aleación ligera bonificable de forja, y, por último, de aleación ligera fundida.

Cada uno de estos materiales tiene sus ventajas e inconvenientes. Con álabes de acero los compresores son más cortos, puesto que las cuerdas pueden ser más pequeñas, pero, en cambio, los esfuerzos centrífugos son mayores y la fabricación es más costosa. Los álabes de aleación ligera, estampados y mecanizados, se utilizan con gran frecuencia, presentando muy buenas características en cuanto a peso y resistencia. También son de uso común los de aleación ligera de moldeo, utilizándose para su fabricación el método «del molde de cera perdido», que consiste en esencia en fundir en coquilla álabes de cera, que luego sirven para sacar el modelo vaciado en piedra artificial. Con este procedimiento se consigue disminuir notablemente el tiempo de fabricación, teniendo especial ventaja para la construcción de grandes series.

Recientemente se ha utilizado otro método (álabes del «Mamba»), basado en una estampación de gran precisión que permite terminar las superficies de los álabes con unas fases de simple pulido.

Esfuerzos de cálculo.

Los álabes móviles, únicos que interesa calcular por resistencia de materiales, trabajan sometidos a esfuerzos producidos por la fuerza centrífuga y por la presión de los gases. La primera da lugar sobre la sección de empotramiento a un esfuerzo de tracción uniforme y a dos esfuerzos secundarios de flexión, ya que, en general, la resultante de las fuerzas centrífugas no cortará a los ejes principales de inercia. Las fuerzas de presión de los gases producirán dos momentos flectores según dichos ejes, un esfuerzo cortante sobre la sección de cálculo y un momento torsor. Como puede comprobarse, los únicos esfuerzos que tienen realmente importancia son los de tracción de la fuerza centrífuga, los de flexión de los gases en el sentido del eje de inercia mínima, y los de flexión secundaria según este mismo eje.

La sección de cálculo será la de empotramiento. Esto puede decirse que acontece en cualquier tipo de álabe, aunque se adopte una ligera disminución de la cuerda y área de la sección en sentido decreciente de la base al vértice. Según esto, los primeros elementos que habrán de calcularse serán el área, centro de gravedad y ejes principales de inercia de la sección de empotramiento, así como la variación radial de áreas y centros de gravedad a todo lo largo del álabe.

Elementos geométricos de la sección.

El cálculo aero-termodinámico de los álabes nos proporciona su forma geométrica en cualquier sección a partir de la línea de curvatura media, que es la que realmente se determina, y del perfil simétrico básico que se haya escogido; pudiendo efectuarse todos los cálculos en función de la cuerda, la cual habrá de ser determinada precisamente por las condiciones de resistencia del material.

El área de la sección puede determinarse fácilmente con planímetro, o bien analíticamente, si es que se ha elegido un perfil en el que su forma geométrica esté definida mediante ecuaciones. Este es el caso de los perfiles simétricos N. A. C. A. de cuatro y cinco cifras, que vienen dados por combinaciones de arcos parabólicos en la forma:

$$y_e/c = \Sigma\, a_i\, x^m \quad (m = {}^1/_2, 0, 1, 2, 3 \text{ y } 4) \qquad (55)$$

En el caso que nos ocupa el perfil no es simétrico, sino que está trazado a partir de su línea de curvatura media, tomando sobre la normal a ella segmentos iguales a y_e en uno y otro sentido. El área vendrá dada por (fig. 34):

$$\sigma_a = \int_0^1 (y_1 - y_2)\, dx \approx \int_0^1 \frac{2y_e}{\cos}\, dx \quad (1)$$

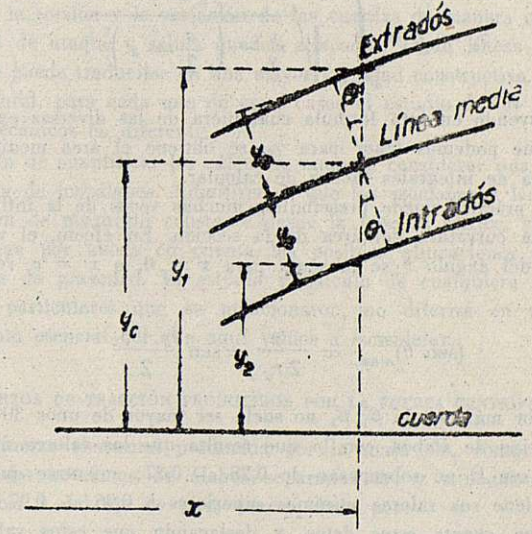


Fig. 34

(1) Mediante un desarrollo en serie de la expresión de $y_1 - y_2$, de la que sólo se toman los primeros términos, puede efectuarse con rigor esta simplificación que hemos admitido. Todas las ordenadas y áreas las suponemos adimensionales; debiéndose haber escrito en rigor y_i/c y σ_a/c^2.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Para directriz circular, resulta (fig. 35):

$$\text{sen } \theta = \frac{c/2 - x}{r_v}$$

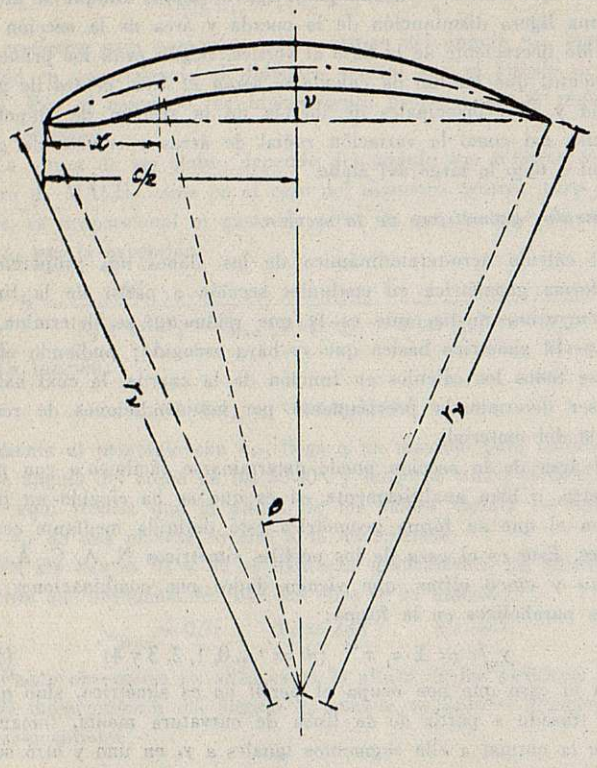


Fig. 35

obteniéndose:

$$\sigma_a = 2\, r_v \int_0^1 \frac{y_e\, dx}{\sqrt{r_v^2 - \left(\frac{c}{2} - x\right)^2}} \qquad (56)$$

Sustituyendo en esta fórmula cualquiera de las diversas expresiones que podemos tener para y_e, se obtiene el área mediante una suma de integrales fáciles de calcular.

En la práctica puede prescindirse muchas veces de la influencia de la curvatura del área de la sección. En efecto, el valor máximo del ángulo θ se presenta para $x = 0$, o $x = c$, resultando:

$$(\text{sen } \theta)_{max.} = \frac{c}{2\, r_v} = \text{sen } \frac{\beta_1 - \beta_2}{2}$$

El valor máximo de β_1 β_2 no suele ser mayor de unos 30° en ningún tipo de álabes, con lo que resulta que los valores máximos de sen Θ no sobrepasan de 0,25 — 0,27; mientras que el coseno tiene sus valores mínimos superiores a 0,96 — 0,97. Teniendo en cuenta estos datos, y destacando que estos valores grandes del ángulo Θ solamente se presentan en las proximidades de los bordes de ataque y salida, resulta que tomando como expresión del área el valor:

$$\sigma_a = \int_0^1 2\, y_e\, dx \qquad (57)$$

que corresponde al caso de perfil simétrico, no se cometen errores superiores al 2 % en la mayoría de los casos.

Para la determinación del centro de gravedad, ejes y momentos de inercia, existen numerosos procedimientos gráficos: métodos de Mohr, Nelhs, etc., que pueden aplicarse fácilmente cuando se trata de perfiles. Aquí nos limitaremos a insertar un método mixto, que puede ser ventajoso en algunos casos, y con el que pueden estudiarse la influencia que ejercen en su resistencia los diversos parámetros que definen la forma del perfil.

La abscisa x_G y ordenada y_G del centro de gravedad vendrán dadas por:

$$x_G = \frac{\int_0^1 \frac{y_e}{\cos\theta}\, x\, dx}{\int_0^1 \frac{y_e}{\cos\theta}\, dx} \qquad (58)$$

$$y_G = \frac{\int_0^1 \frac{y_e}{\cos\theta}\, y_c\, dx}{\int_0^1 \frac{y_e}{\cos\theta}\, dx} \qquad (59)$$

En la primera fórmula la influencia de la curvatura no tiene importancia alguna, pudiendo tomarse en ella $\cos\theta = 1$.

La determinación de la ordenada y_G debe efectuarse con la mayor exactitud posible, pues de ella van a depender directamente todos los esfuerzos importantes de flexión. No obstante, y debido a la compensación de los errores entre el numerador y denominador, en muchos casos puede tomarse como expresión de dicha ordenada la fórmula simplificada:

$$y_G = \frac{\int_0^1 y_e\, y_c\, dx}{\int_0^1 y_e\, dx} \qquad (60)$$

que no suele proporcionar errores superiores al 1,5 %.

La expresión de y_c en función de x, para el caso de directriz circular, puede deducirse de la ecuación de dicha línea de curvatura media:

$$x^2 + c\,x + y_c^2 + 2\, y_c \sqrt{r_v^2 - \frac{c^2}{4}} = 0$$

En general, la fórmula (60), y aún más la (59), no son de cálculo sencillo, por lo cual, convendrá determinarlas mediante integraciones gráficas.

Para el cálculo de los ejes y momentos principales de inercia hay que determinar, primero, los momentos respecto a otros dos ejes cualesquiera que pasen por el centro de gravedad. En nuestro caso, tendrá especial ventaja elegirlos paralelos a los primitivos OX-OY, ya que mediante aplicación de la fórmula de Steiner podrán expresarse fácilmente sus momentos de inercia en función de lo que se obtengan para los ejes primitivos. Se deducen inmediatamente las expresiones siguientes (figura 36):

$$I_y = \int_0^1 \frac{2\, y_e}{\cos\theta}\, x^2\, dx \qquad (61)$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

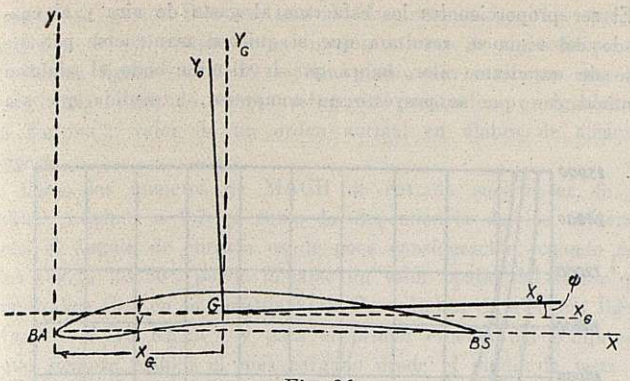


Fig. 36

$$I_{yG} = \int_0^1 \frac{2\, y_e}{\cos\theta}\, x^2\, dx - \sigma_a\, x_G^2 \qquad (62)$$

El momento de inercia respecto al eje de las X, vendrá dado por la integral doble siguiente:

$$I_x = \int_0^1 \left[\int_{y_c - \frac{y_e}{\cos\theta}}^{y_c + \frac{y_e}{\cos\theta}} y^2\, dy \right] dx =$$

$$= \int_0^1 \left(2\, y_c^2 + \frac{2}{3}\, \frac{y_e^2}{\cos^2\theta} \right) \frac{y_e}{\cos\theta}\, dx \qquad (63)$$

y también:

$$I_{xG} = \int_0^1 \left(2\, y_c^2 + \frac{2}{3}\, \frac{y_e^2}{\cos^2\theta} \right) \frac{y_e}{\cos\theta}\, dx - \sigma_a\, y_G^2 \qquad (64)$$

En estas expresiones podrá tomarse con frecuencia $\cos\theta = 1$, sobre todo teniendo en cuenta que esta simplificación reduce en una pequeña cantidad el valor de los momentos, con lo que, en todo caso, no supone más que un aumento en el margen de seguridad. También para estas fórmulas resulta mucho más fácil y cómodo integrarlas gráficamente.

Por último, el producto de inercia vendrá dado por:

$$I_{xy} = \int_0^1 \left[\int_{y_c - \frac{y_e}{\cos\theta}}^{y_c + \frac{y_e}{\cos\theta}} y\, dy \right] x dx =$$

$$= \int_0^1 2\, y_c\, \frac{y_e}{\cos\theta}\, x \cdot x d \qquad (65)$$

$$I_{xG\,yG} = \int_0^1 2 y_c\, \frac{y_e}{\cos\theta}\, x\, dx - \sigma_a\, x_G\, y_G \qquad (66)$$

Si ψ es el ángulo que forma el eje principal de inercia OX_o con el eje de abscisas OX , para su determinación, puede utilizarse la siguiente fórmula de uso común:

$$\operatorname{tang}^2 \Psi = \frac{2\, I_{xG}\, y_G}{I_{yG} - I_{xG}} \qquad (67)$$

Los momentos principales de inercia vienen dados por:

$$I_{máx} = I_{yo} = \frac{1}{2} \left[I_{xG} + I_{yG} + \frac{I_{yG} - I_{xG}}{\cos 2\Psi} \right] \qquad (68)$$

$$I_{min} = I_{xo} = \frac{1}{2} \left[I_{xG} + I_{yG} - \frac{I_{yG} - I_{xG}}{\cos 2\Psi} \right] \qquad (69)$$

que, en general, diferirán bastante poco de los momentos I_X y I_Y, puesto que el ángulo ψ es normalmente muy pequeño.

Organización radial del álabe

El cálculo aerodinámico de los álabes nos suministra la forma geométrica en todas sus secciones, así como el ángulo de situación de cada una de ellas; pero nada indica de la manera cómo pueden disponerse relativamente entre sí. Por tanto, la forma de realizar la torsión y las alineaciones más convenientes de los centros de gravedad deberán determinarse en función de la resistencia mecánica y de la mayor facilidad constructiva de los álabes.

Puesto que como ya se ha indicado, el ángulo de situación ε que forma la cuerda con la normal al escalón viene impuesto en cada sección, bastará situar un punto del perfil para que resulte por completo determinada la posición de cada sección. Los puntos que más interesa que resulten situados en una posición conveniente son los centros de gravedad, debiendo, por tanto, fijarse con ellos la forma radial del álabe.

Una disposición muy conveniente de dichos centros de gravedad consiste en alinearlos de manera que el momento flector secundario producido por la fuerza centrífuga compense, en parte, el debido a las fuerzas de presión del aire; pero aún con esta disposición puede tener el álabe formas muy variadas. Ya sabemos que los álabes, y especialmente los de tipo torbellino libre, pueden construirse con perfiles de espesor variable. También es frecuente en la práctica diseñarlos de manera que las cuerdas disminuyan de la base hacia el vértice. Por otra parte, puede estudiarse la torsión y la variación de las cuerdas de manera que los bordes de ataque y salida queden alineados, según líneas rectas, lo que puede traducirse en una mayor facilidad constructiva. Como es natural, para cada uno de estos casos el estudio de los esfuerzos mecánicos es diferente.

A fin de simplificar los cálculos, vamos a considerar una forma sencilla de los álabes. Admitiremos que las secciones y las cuerdas son de magnitud constante desde la base al vértice, sin que se tenga por ahora en cuenta las posibles alineaciones de los centros de gravedad. El estudio y cálculo de cualquiera de los casos particulares que se mencionaron, no diferirá en ningún concepto esencial del que aquí vamos a considerar.

Esfuerzos de tracción producidos por la fuerza centrífuga

La fuerza elemental producida por la masa dm, comprendida entre dos secciones de álabes separadas dr, y situadas a una distancia r del eje de giro, vendrá dada por:

$$dF_c = r\, \omega^2\, dm$$

en la que ω es la velocidad angular. Si ρ_{em} es el peso específico del material, tenemos:

$$dF_c = r\, \omega^2\, \sigma_a\, \frac{\rho_{em}}{g}\, dr = \left(\frac{2\, \pi\, n}{60} \right)^2 \sigma_a\, \frac{\rho_{em}}{g}$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Integrando entre r_v y r_b, y dividiendo por el área de la sección del álabe, resulta para el esfuerzo de tracción:

$$f_{tc} = \frac{F_c}{\sigma_a} = \left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2 \frac{\rho_{em}}{g} \frac{r_v^2 - r_b^2}{2} = \frac{u_c^2}{g} \frac{h}{r_c} \rho_{em} \quad (70)$$

Teniendo en cuenta los valores de h y r_c obtenidos mediante las fórmulas (53) y (54), y con la velocidad periférica en la sección central u_c, dado por:

$$u_c = \sqrt{g \gamma R T_1} N_{M1c} (\text{tang } \alpha_{1c} + \text{tang } \alpha_{2c}) \cos \alpha_{1c}$$

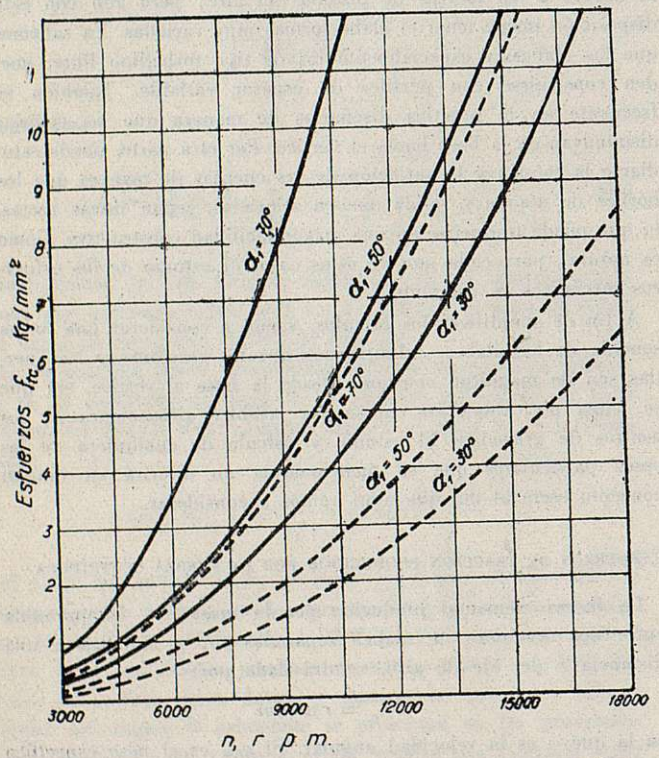
resulta:

$$f_{tc} = \frac{G}{g} \frac{\rho_{em}}{\rho_e} \frac{\pi n^2}{1800 \sqrt{g \gamma R T_1} N_{M1c}} \cos \alpha_{1c} \quad (71)$$

En la fórmula (70) se pone de manifiesto que los esfuerzos producidos por la fuerza centrífuga son proporcionales al cuadrado de la velocidad periférica (como ya podía esperarse) y a la relación h/r_c. Para un anteproyecto puede presentar mayor interés la fórmula (71), ya que en ella intervienen directamente el régimen y el gasto, variables esenciales en un proyecto; así como el número de MACH de entrada, otro parámetro esencial que puede fijarse independientemente entre ciertos límites, y, por último, el ángulo α_1, que se relaciona inmediatamente a su vez con el ángulo α_2, parámetro también de la mayor importancia.

En la figura 37 se han trazado las curvas que nos dan los esfuerzos centrífugos en función del régimen para distintos valores del gasto y del ángulo de entrada. En ella se han tomado.

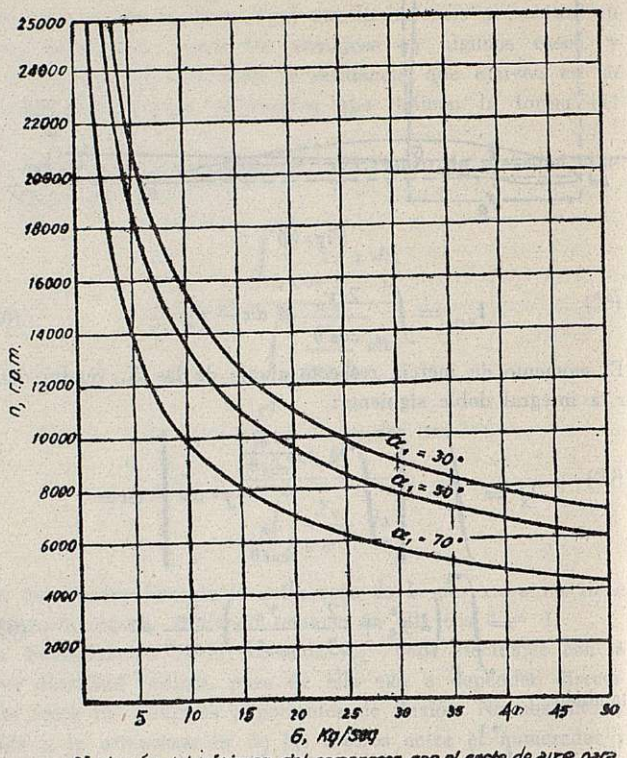
$$T_1 = 288°, \rho_{em} = 2750 \text{ Kg/m}^3$$
$$\rho_e = 1{,}225 \text{ Kg/m}^3 \text{ y } N_{M1c} = 0{,}7$$



Esfuerzos de tracción producidos por la fuerza centrífuga.
——— *G = 20 Kg/seg.*
– – – *G = 10 Kg/seg.*

Fig. 37

El ser proporcionales los esfuerzos al gasto de aire y al cuadrado del régimen, resultará que si quieren mantenerse por debajo de un cierto valor, habrá que ir disminuyendo el régimen nominal con que se proyecte un compresor, a medida que sea



Variación del régimen del compresor con el gasto de aire para un esfuerzo constante de tracción centrífuga, igual a 5 Kg/mm².

Fig. 38

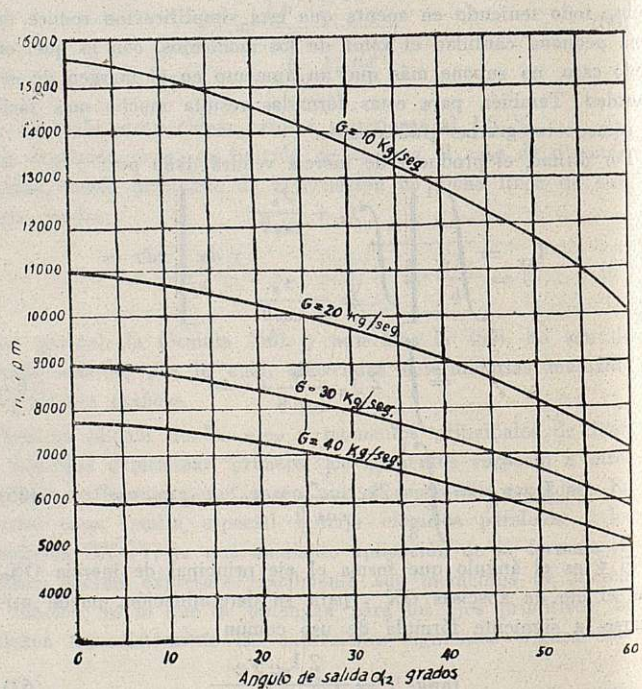


Fig. 39

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

mayor su gasto. Esta es una de las razones por las que el régimen de un compresor es función inversa de su tamaño.

En las figuras 38 y 39 se han puesto de manifiesto esta dependencia tomando unos esfuerzos constantes e iguales a 5 Kg/mm^2; valor de un orden normal en álabes de aleación ligera.

Como los números de MACH de entrada suelen ser de un valor próximo a 0,7, y como la dependencia de los esfuerzos con el ángulo de entrada es de poca consideración, cuando éste no supera los 50º, puede tomarse un valor medio del factor que multiplica Gn^2 en la fórmula (71). Para álabes de aleación ligera ($\rho_{em} \approx 2.750$ Kg/m^3), y para el primer escalón del compresor, que siempre resulta el más cargado desde el punto de vista de la fuerza centrífuga, y para el que puede tomarse $\rho_e \approx 1.225$ Kg/m^3; se puede utilizar la siguiente fórmula, de gran sencillez:

$$f_{tc} = 2{,}5\ 1\ 0^{-9}\ G\ n^2 \quad (G \text{ en Kg/seg; } n \text{ en r.p.m.; } f_{tc} \text{ en Kg/mm}^2 \qquad (72)$$

que porporciona una estimación rápida de los esfuerzos, y que nos da bastante aproximación cuando el número de MACH de entrada es próximo a 0,7 y el ángulo α_1 no difiere mucho de los 50º.

Esfuerzos de flexión producidos por el aire

El método que seguiremos será el de calcular los momentos flectores según las direcciones tangencial y axil, para después hallar sus componentes según los ejes principales de inercia.

En la primera parte de este trabajo ya se determinaron las fuerzas por unidad de altura que ejercía el aire sobre un álabe (fórmulas (1) y (2)). Denominándolas F_t y F_a, tenemos:

$$F_t = \frac{\rho_e}{g} V_a^2 (\text{tang } \alpha_1 - \text{tang } \alpha_2) \qquad (73)$$

$$F_a = \frac{\rho_e}{2g} V_a^2 (\text{tang}^2 \alpha_1 - \text{tang}^2 \alpha_2) \qquad (74)$$

Siendo:

$$F_a = F_t \frac{1}{2} (\text{tang } \alpha_1 + \text{tang } \alpha_2) = F_t \text{ tang } \alpha_m$$

Es fácil comprobar que la fuerza tangencial por unidad de altura no depende de esta última magnitud, o sea, del radio del compresor.

Multiplicando y dividiendo por la velocidad periférica u en la fórmula (73), tenemos:

$$F_t = \frac{\rho_e V_a^2}{g} \frac{s}{u} u (\text{tang } \alpha_1 - \text{tang } \alpha_2)$$

El término s/u no es función del radio. Asimismo, la velocidad axil y la expresión u (tang α_1 — tang α_2) tampoco dependen de él, tanto en los álabes de reacción constante como en los de torbellino libre.

El momento flector vendrá dado por:

$$M_t = \int_{r_b}^{T_\nu} F_t (r - r_b) dr = F_t \frac{h^2}{2} = \frac{\rho_e}{g} V_a^2 S_c (\text{tang } \alpha_{1c} - \text{tang } \alpha_{2c}) \frac{h^2}{2} \qquad (75)$$

Como normalmente se refiere los parámetros a la sección central, los hemos indicado con el subíndice c en la fórmula anterior.

En cambio, la fuerza axil no es constante, ya que tang α_m es función del radio. En los álabes de reacción constante, tenemos:

$$\text{tang } \alpha_m = \frac{1}{2} \frac{u}{V_a} = \frac{1}{2} \frac{u_c}{V_a} \frac{r}{r_c} = \text{tang } \alpha_{mc} \frac{r}{r_c}$$

Resultado para el momento flector:

$$M_a = \int_{r_b}^{r_\nu} F_t \text{ tang } \alpha_m (r - r_b) d = \int_{r_b}^{r_\nu} F_t \text{ tang } \alpha_{mc} (r - r_b) \frac{r}{r_c} dr =$$

$$= F_t \text{ tang } \alpha_{mc} \frac{h^2}{2} \left(1 + \frac{h}{b\, r_c}\right) \qquad (76)$$

que como vemos, puede expresarse en la forma:

$$M_a = F_t \text{ tang } \alpha_{mc} \frac{h^2}{2} \varphi_d \qquad (77)$$

en la que φ_d, dado por:

$$\varphi_d = 1 + \frac{h}{b\, r_c} = 1 + \frac{hr}{b} \qquad (78)$$

es un factor de distribución de cargas.

Resulta, por último:

$$M_a = \frac{\rho_e}{g} V_a^2 S_c (\text{tang } \alpha_{1c} - \text{tang } \alpha_{2c}) \text{tang } \alpha_{mc} \frac{h^2}{2} \varphi_d \qquad (79)$$

En los álabes tipo torbellino libre, de las fórmulas (47), (48), (49) y (50), que nos daban la variación radial de los ángulos, se deduce:

$$\text{tang } \alpha_1 + \text{tang } \alpha_2 = (\text{tang } \alpha_{1c} + \text{tang } \alpha_{2c}) \left(2 \frac{r}{r_c} - \frac{r_c}{r}\right)$$

o sea

$$\text{tang } \alpha_m = \text{tang } \alpha_{mc} \left(2 \frac{r}{r_c} - \frac{r_c}{r}\right)$$

Tenemos, pues:

$$M_a' = \int_{r_b}^{r_\nu} F_t \text{ tang } \alpha_{mc} \left(2 \frac{r}{r_c} - \frac{r_c}{r}\right) (r - r_b) dr =$$

$$= F_t \text{ tang } \alpha_{mc} \frac{h^2}{2} \left[\left(2 + \frac{h}{3\, r_c} - \frac{2\, r_c}{h} + \right.\right.$$

$$\left.\left. + \frac{r_c}{h} \left(\frac{2\, r_c}{h} - 1\right) \log \frac{1 + \frac{h}{2\, r_c}}{1 - \frac{h}{2\, r_c}} \right] \right. \qquad (80)$$

que también puede ponerse en la forma:

$$M_a' = F_t \text{ tang } \alpha_{mc} \frac{h^2}{2} \varphi_d' \qquad (81)$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

o bien:

$$M'_a = \frac{\rho_e}{g} V_a^2 (\text{tang } \alpha_{1c} - \text{tang } \alpha_{2c}) \text{ tang } \alpha_{mc} \frac{h^2}{2} \varphi'_d \quad (82)$$

siendo φ'_d otro factor de distribución, igual a:

$$\varphi'_d = 2 + \frac{hr}{3} - \frac{2}{hr} + \frac{1}{hr}\left(\frac{2}{hr} - 1\right) \log \frac{1 + \frac{hr}{2}}{1 - \frac{hr}{2}} \quad (83)$$

función exclusiva de la relación $h_r = h/r_c$.

Pese a su aparente complejidad, puede comprobarse que este factor de distribución φ'_d tiende a valer la unidad cuando h_r tiende a cero, igual a como acontecía para φ_d.

En la figura 40 están representados ambos factores de distribución a partir del valor máximo posible, $h_r = 2$. En ella puede apreciarse que para valores normales de h_r, del orden de 1/5 o menores puede tomarse sin mucho error el factor de distribución igual a la unidad, especialmente en álabes de reacción constante.

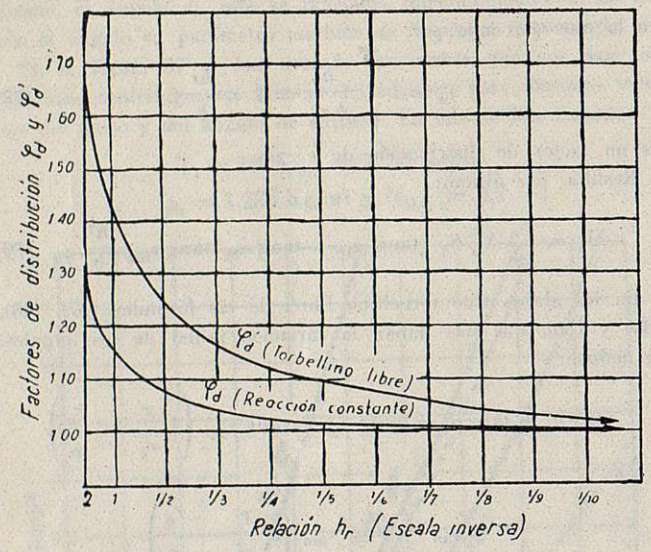


Fig. 40

Para el desarrollo inicial de un proyecto, puede tener mayor interés expresar los momentos flectores en función del régimen y del gasto, en forma análoga a como se efectuó para los esfuerzos centrífugos. Procediendo en la misma forma, resulta:

$$M_t = \frac{1}{7200\, \rho_e\, g \left[g \gamma RT_1\right] N^2_{M1c}} \cdot \frac{\text{tang } \alpha_{1c} - \text{tang } \alpha_{2c}}{(\text{tang } \alpha_{1c} + \text{tang } \alpha_{2c})^2 \cos^2 \alpha_{1c}} S_c\, h^2\, G^2 \quad (84)$$

$$M_a \frac{1}{14400\, \rho_e\, g \left[g \gamma RT_1\right] N^2_{M1c}} \cdot \frac{\text{tang } \alpha_{1c} - \text{tang } \alpha_{2c}}{(\text{tang } \alpha_{1c} + \text{tang } \alpha_{2c})} S_c\, h^2\, G^2 \quad (85)$$

En las figuras 41 y 42 se representan estos momentos tangenciales y axiles en función del régimen y del gasto de aire, habiéndose tomado unos datos de partida análogos a los utilizados en el cálculo del gráfico de la figura 37. Puede observarse que el gasto de aire presenta una mayor influencia en los momentos de flexión que en la fuerza centrífuga, ya que es cuadrática la primera dependencia, mientras que la segunda no es más que lineal.

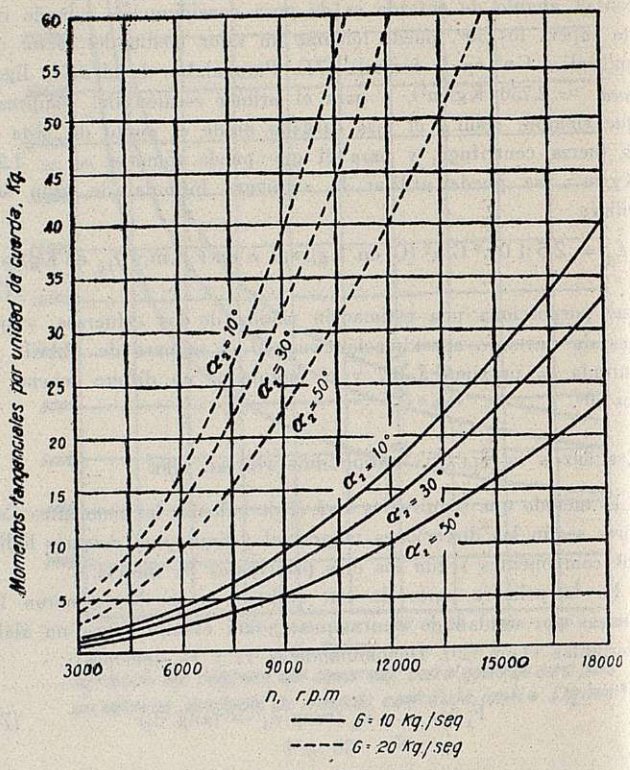


Fig. 41

Los momentos flectores, según los ejes principales de inercia, se calcularán proyectando los momentos tangenciales y axiles según dichos ejes (fig. 43). Tendremos:

$$M_{xo} = -M_t \cos \Lambda - M_a \text{ sen } \Lambda \quad (86)$$

$$M_{yo} = M_t \text{ sen } \Lambda - M_a \cos \Lambda \quad (87)$$

Para la notación de los momentos flectores se ha seguido la indicada por su vector. De acuerdo con los ejes dibujados en la figura 43, los momentos flectores según el eje X_o serán positivos cuando tiendan a producir compresión en el intradós, mientras que los del eje Y_o son positivos cuando provocan compresión en el borde de salida.

Los esfuerzos interesa determinarlos en el borde de salida, parte superior del trasdós y en el borde de ataque, como se indica en la figura 44. Vendrán dados por:

$$f_1 = \frac{M_{xo}\, Y_1}{I_{xo}} + \frac{M_{yo}\, X_1}{I_{yo}} \quad (88)$$

$$f_2 = \frac{M_{xo}\, Y_2}{I_{xo}} \quad (X_2 \approx O) \quad (89)$$

$$f_3 = \frac{M_{xo}\, Y_3}{I_{xo}} + \frac{M_{yo}\, X_3}{I_{yo}} \quad (90)$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

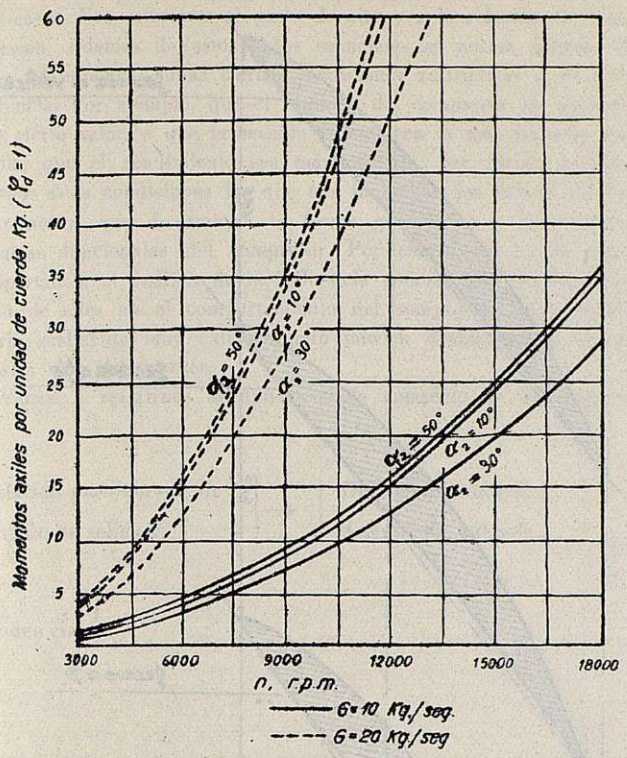


Fig. 42

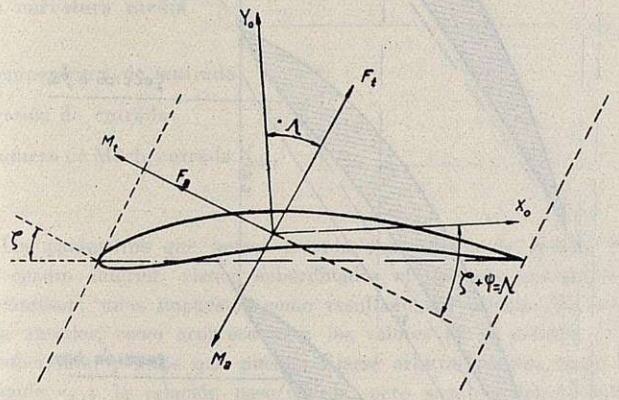


Fig. 43

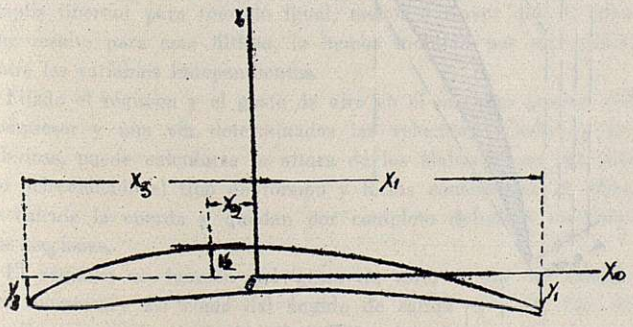


Fig. 44

El momento flector M_{xo} es siempre mucho mayor en valor absoluto que el M_{yo}. En efecto, en función del momento tagencial y en valores absolutos, se expresan del modo siguiente:

$$M_{Xo} = M_t \ (\cos \Lambda + \varphi_d \ \text{tang} \ \alpha_{mc} \ \text{sen} \ \Lambda)$$

$$M_{Yo} = M_t \ (\text{sen} \ \Lambda - \varphi_d \ \text{tang} \ \alpha_{mc} \cos \Lambda)$$

Ya sabemos que el factor de distribución φ_d es de valor próximo a la unidad. Por otra parte, el momento de inercia I_{yo} es del orden de unas 500 veces mayor que el I_{xo}, con lo cual resultan prácticamente despreciables los segundos términos de las fórmulas que nos daban los esfuerzos.

Los esfuerzos más peligrosos son los de tracción, ya que se suman con los producidos por la fuerza contrífuga. Generalmente, la parte más cargada es el borde de salida, pues suele ser bastante mayor la ordenada y_1 que la y_3. El esfuerzo de compresión en la parte superior del extrados puede ser superior a ningún otro de tracción, pero resulta amortiguado por el efecto compensador de la fuerza centrífuga.

Los esfuerzos de flexión resultan ser inversamente proporcionales al cuadrado de las cuerdas. En efecto, en las fórmulas (84) y (85) hay que considerar que el paso s depende de la cuerda, pues al variar esta última debe mantenerse la relasión s/c seleccionada, para lo cual habrá que modificar el número de álabes del escalón. Por tanto, los momentos flectores pueden expresarse en la forma siguiente:

$$M = \frac{s}{c} \, c \, n^2 \ G^2 f(N_{M1}, \ \alpha_2)$$

Por otra parte, las ordenadas y_i son proporcionales a la cuerda, y los momentos de inercia a la cuerda potencia de ella, viniendo dados en la forma:

$$y_i = \lambda i c \qquad I_i = \mu i c^4$$

Por tanto, para los esfuerzos resultará una expresión de la forma:

$$f_i = \frac{s/c \ n^2 \ G^2 \ \lambda_i \ f \ (N_{M1}, \ \alpha_2)}{\mu_1 \ c^2}$$

$$(\cos \ \Lambda + \varphi_d \ \text{tang} \ \alpha_m \ \text{sen} \ \Lambda$$

Estos esfuerzos no son exactamente proporcionales al cuadrado del régimen o del gasto, pues al modificar cualquiera de estas variables cambia la altura del álabe (fórmula 54). Con ella varía el grado de curvatura de la sección de empotramiento, modificándose en consecuencia las ordenadas y momentos de inercia; es decir, que λ_i y μ_i dependen del régimen y gasto del compresor.

Expresando los momentos flectores en función de la altura (fórmulas 75 y 79), puede observarse que son proporcionales al cuadrado del alargamiento del álabe, o sea al cuadrado de la relación h/c. Valores de esta última magnitud lel orden de 2 : 1, o ligeramente superiores, proporcionan unos esfuerzos de flexión fácilmente tolerables, aunque, como es natural, no es éste el único parámetro que ha de tomarse como criterio de diseño, pues hay varios otros que también influyen en los esfuerzos. En general, son admisibles esfuerzos de flexión de hasta unos 5 kilogramos/mm^2 en álabes de aleación ligera, y del orden del doble en los de acero.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Momentos secundarios de flexión producidos por la fuerza centrífuga

Cuando la resultante de las fuerzas centrífugas no pasa por el centro de gravedad de la base, producen un momento flector que puede compensar, en parte, el que provocan las fuerzas de presión del aire. Pero no es esto solamente lo que sucede, ya que, aunque dicha resultante pasa inicialmente por el centro de gravedad, en cuanto el álabe tienda a deformarse bajo la acción de los momentos flectores principales, aparece un momento flector secundario de la fuerza centrífuga que amortigua el principal.

Para estos cálculos solamente interesa considerar momentos flectores según el eje X_o, o sea aquéllos que actúan sobre los momentos mínimos de inercia. Asimismo, también puede admitirse que en cualquier punto del álabe las fuerzas centrífugas son paralelas. De esta forma la resultante de ellas en cada sección pasa por su respectivo centro de gravedad.

El problema de la compensación de los momentos flectores principales es del mayor interés, por la posibilidad que lleva consigo de disminuir las cuerdas de los álabes, estando íntimamente relacionado con los fenómenos de vibración. Su análisis es realmente extenso, y en cierto modo complicado, saliéndose del alcance que hemos querido dar a este trabajo, por lo cual estimamos preferible indicar únicamente que basándose en la energía de deformación y aproximando la forma de la elástica del álabe mediante una función trigonométrica de la forma:

$$y = \delta\left(1 - \cos\frac{\pi}{2}\frac{z}{h}\right) \quad \begin{cases} \delta = \text{flecha en el vértice} \\ z = \text{eje vertical} \end{cases}$$

y admitiendo algunas simplificaciones, puede llegarse a un estudio analítico y bastante completo del problema. Cuando se consideran álabes con momentos de inercia variables y con momentos flectores principales también variables, hay que recurrir a integraciones gráficas, o bien proceder por aproximaciones sucesivas.

Se llega a la conclusión de que los momentos secundarios producidos por la fuerza centrífuga compensan en gran manera los principales, y que basta una pequeña desviación de la línea de centros de gravedad de cada sección en sentido perpendicular al eje de inercia mínima para que se consiga una compensación total, con flechas en el vértice que no llegan a ser iguales al 1 % de la longitud del álabe.

Como es lógico, no debe pensarse en conseguir una compensación total de los momentos principales, entre otras cosas, porque éstos son proporcionales a la densidad del aire circulante, mientras que en los momentos centrífugos no dependen más que del régimen. Una compensación total al nivel del mar sería perjudicial cuando el avión volase a grandes alturas, ya que la densidad del aire ambiente habría disminuído considerablemente, no habiéndose conseguido más que cambien el signo de los momentos.

Nociones generales del dimensionado del compresor

Cálculo de un escalón.—Juegos axiles y radiales.

Para el proyecto y dimensionado de un compresor siempre hay que partir de dos datos fundamentales que se imponen en todos

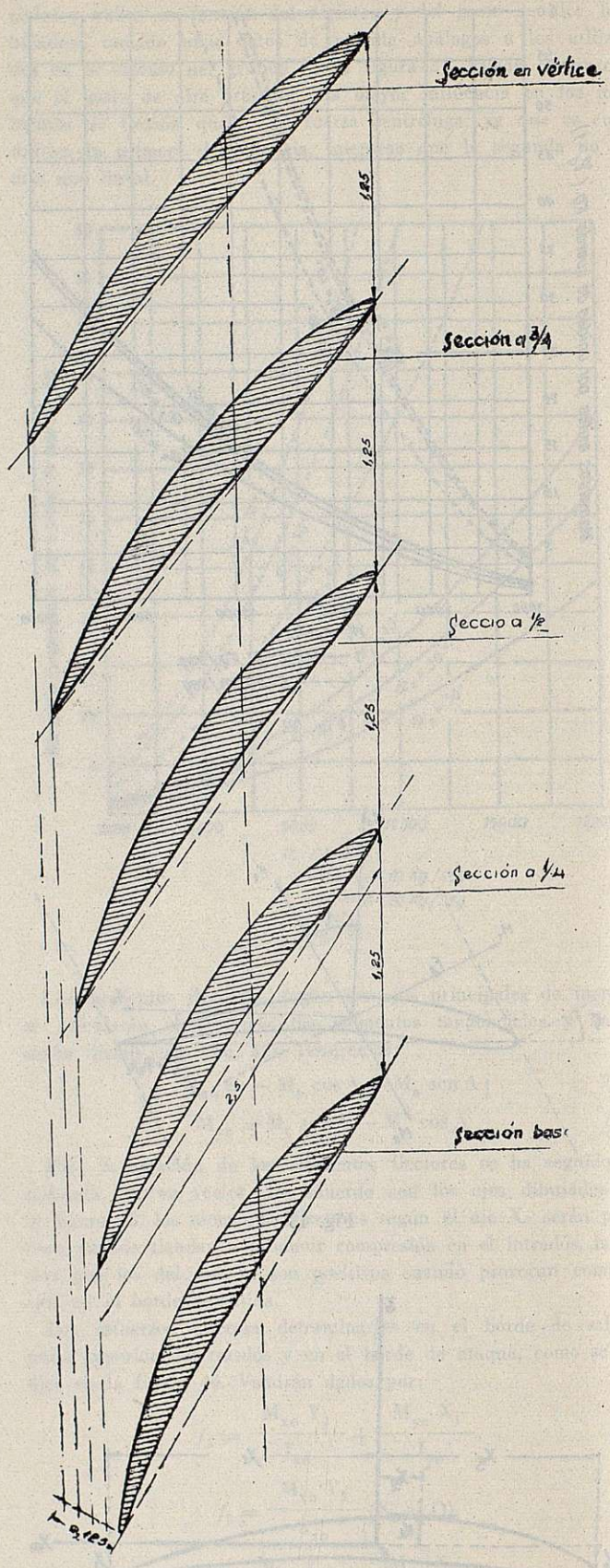


Fig. 45

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

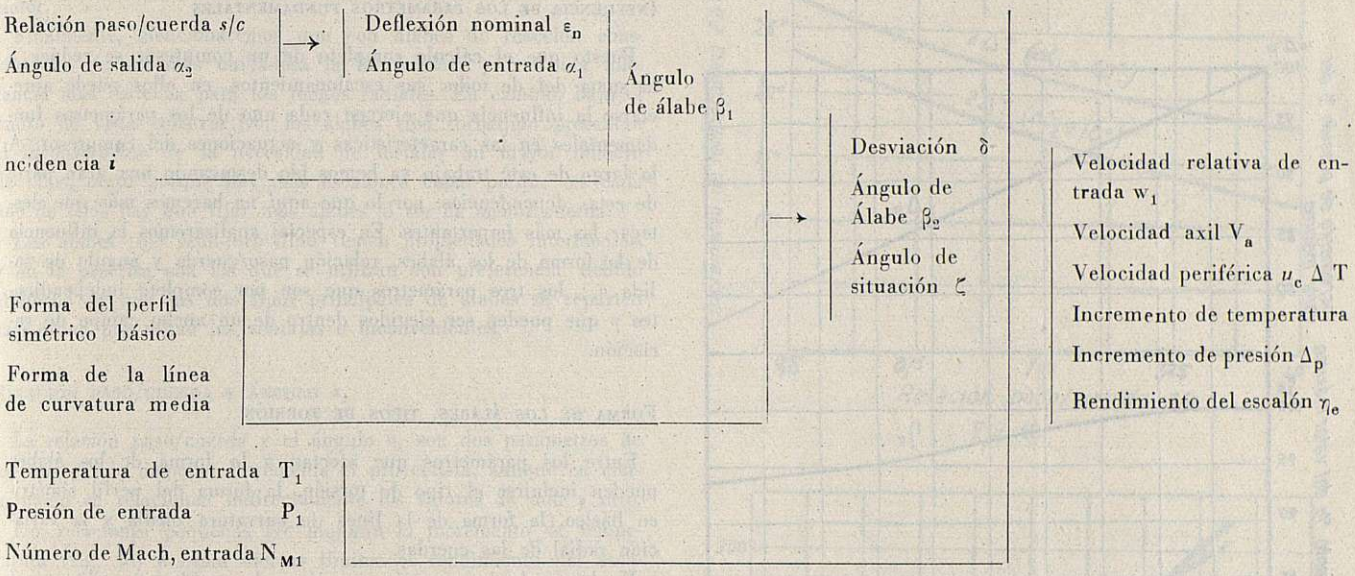
los casos. Nos referimos al gasto de aire y a la relación de compresión. Además de estos datos esenciales es norma general el que se impongan unas ciertas condiciones restrictivas o de preferencia. Por ejemplo, que el régimen del compresor no pase de un cierto valor, o que la sección frontal sea lo más pequeña posible, que el rendimiento sea máximo, etc., etc. Serán precisamente estas condiciones las que nos impongan los valores de los parámetros que determinan la forma geométrica y las características funcionales del compresor. Por esta razón es de gran importancia el análisis de la influencia general que ejercen cada uno de ellos en el comportamiento del compresor. Este estudio sería realmente muy extenso, pero pueden destacarse de él sus partes más importantes.

Vamos a referirnos al dimensionado completo de un compresor, o sea, al caso en que se proyectan incluso los álabes y, no se parte de unos ciertos tipos de ellos ya ensayados.

El proyecto de un compresor puede dividirse en dos partes: el cálculo de los escalones aisladamente, en los que se toman unas ciertas condiciones iniciales en cada uno y el del compresor completo, en el que se estudian la disposición más conveniente, número y forma de todo el conjunto de escalonamientos.

Refiriéndonos al dimensionado de un escalón considerado aisladamente, su estudio también puede dividirse en dos partes: primero, el de su sección central, para después elegir la variación radial más conveniente de la forma de los álabes.

El número de variables y la forma en que podrían efectuarse los cálculos en la sección central los resumimos en un cuadro que a continuación insertamos:



Los parámetros que hemos tomado como datos de partida en el cuadro anterior, vienen subordinados al proyecto general del compresor; unos impuestos como resultado del cálculo del escalón anterior, como acontece para los valores de la presión y la temperatura, y otros que pueden fijarse arbitrariamente, como el ángulo α_2 y la relación paso/cuerda, pero siempre dependientes del proyecto general. El número de MACH, de entrada N_{m_1}, ya hemos visto que no puede considerarse de un modo absoluto como una variable independiente, ya que el número de MACH crítico depende de la forma y disposición de los álabes; pero como existe amplia libertad para tomarlo igual, menor o mayor que el valor que resulte para este último, lo hemos incluído por esta razón, entre las variables independientes.

Fijado el régimen y el gasto de aire en el proyecto general del compresor y una vez determinadas las velocidades axiles y periféricas, puede calcularse la altura de los álabes. A su vez, una vez seleccionado el tipo de torsión y forma constructiva de ellos, se calcula la cuerda y quedan por completo definidos en todas sus secciones.

El régimen es función del gasto de aire, o sea del tamaño del compresor; así como del ángulo de salida α_2 y del tipo de torsión que se haya elegido, todo ello con vistas a que los esfuerzos centrífugos no sobrepasen los límites permitidos, debiendo también considerarse que los regímenes bajos proporcionan unas relaciones h/D_c demasiado pequeñas, sobre todo en los últimos escalonamientos. Por estas razones, aunque en el cálculo sucesivo de todos los escalones venga ya impuesto el régimen, éste ha de ser determinado precisamente en función de la forma y disposición de ellos, así como del gasto en peso de aire.

También debe advertirse que el número de MACH de entrada impone una condición restrictiva en el vértice de los álabes, no debiendo superarse demasiado con él su valor crítico.

Por esto algunas veces, y especialmente en los álabes largos y en los de tipo torbellino libre, deberá subordinarse el valor del número de MACH en la sección central al que resulte más conveniente en el vértice.

Además de todas las variables que hemos considerado hasta ahora, existen algunas otras que también influyen en el cálculo de los escalonamientos y en el proyecto del compresor. Son ellas los juegos axiles y radiales, el número de REYNOLDS y el grado de pulimento de las superficies.

Los juegos axiles o distancia entre hileras de álabes no tienen mucha importancia en las características funcionales del compresor. De hecho, se han efectuado diversos ensayos variando di-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

chos juegos entre límites comprendidos entre 1/50 y 1/1 de la cuerda de los álabes, comprobándose que aún entre límites tan amplios las variaciones acusadas en los rendimientos o incrementos de presión eran notablemente escasas. En la práctica se utilizan valores comprendidos entre 1/6 y 1/2 de la cuerda.

La distancia entre los extremos de los álabes móviles y el cárter del compresor es lo que denominamos juegos radiales. Deben ser tan reducidos como permita la seguridad funcional del compresor, dependiendo en gran manera del grado de perfeccionamiento de que se dispone en la fabricación. En la práctica se utilizan valores comprendidos entre el 1 % y el 2 % de la longitud del álabe. Por encima de estos valores el coeficiente ζ de pérdida disminuye grandemente, decreciendo con él el incremento de presión y el rendimiento del compresor (fig. 46).

Todos los datos que hasta ahora hemos insertado sobre rendimientos, coeficientes de sustentación y resistencia, deflexión nominal, etc., etc., se refieren a álabes de compresores en los que su número de REYNOLDS sea igual o mayor a $3{,}10^5$. Cuando los álabes tienen cuerdas muy pequeñas y si disminuye grandemente el valor citado, se alcanza una zona crítica en la que tiene una influencia bastante notable este número de REYNOLDS, especialmente en lo que concierne a los valores que han de adoptarse para la deflexión nominal (fig. 47). En general, pueden admitirse como válidos todos los datos insertados mientras los álabes tengan cuerdas superiores a unos 1,5 cms.

El grado de acabado de las superficies de los álabes tiene gran influencia en el comportamiento del compresor. Basta indicar que de tener unos álabes con sus superficies ásperas tal y como podrían quedar después de fundidos en arena, a que aquéllas se terminen con una fase de pulido, puede haber diferencias de hasta un 10 % en el rendimiento y en el incremento de presión.

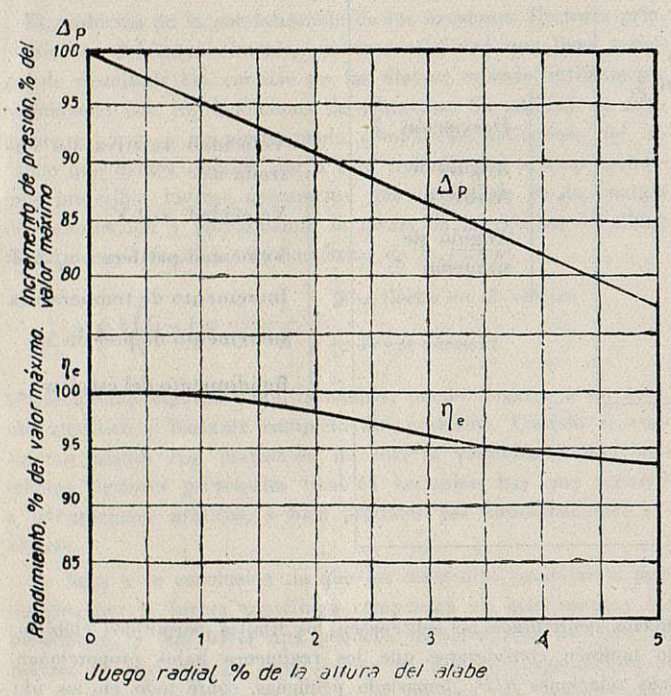


Fig. 46

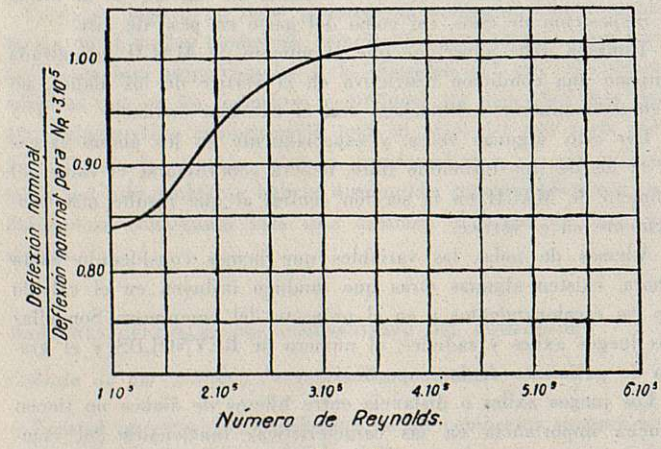


Fig. 47

Influencia de los parámetros fundamentales

Puesto que el cálculo completo de un compresor se reduce a la suma del de todos sus escalonamientos, en ellos puede apreciarse la influencia que ejercen cada uno de los parámetros fundamentales en las características y actuaciones del compresor. A lo largo de este trabajo ya hemos ido destacando una gran parte de estas dependencias, por lo que aquí no haremos más que destacar las más importantes. En especial analizaremos la influencia de la forma de los álabes, relación paso/cuerda y ángulo de salida α_2; los tres parámetros que son por completo independientes y que pueden ser elegidos dentro de un ancho campo de variación.

Forma de los álabes. tipos de torsión

Entre los parámetros que afectan a la forma de los álabes pueden incluirse el tipo de torsión, la forma del perfil simétrico básico, la forma de la línea de curvatura media y la variación radial de las cuerdas.

Ya hemos hecho mención que tipos de perfiles se utilizan, así como las variaciones radiales más convenientes de las cuerdas. También ya se ha dicho que suelen utilizarse líneas de curvatura media circulares o parabólicas. Con este último tipo pueden conseguirse mayores valores de la deflexión y mejor comportamiento del compresor cuando se funciona con números de MACH elevados, pero sin que estas diferencias sean francamente notables.

El tipo de torsión de los álabes influye notablemente en el comportamiento del compresor, variando considerablemente sus características según que se utilicen de reacción constante o de tipo torbellino libre.

Los álabes de reacción constante producen un incremento de temperatura y presión mayor que con ningún otro tipo, viniendo a ser de unos 21° como término medio contra los 16° ó 17° que se consiguen con álabes tipo torbellino. Por esta razón, aunque tienen un rendimiento algo más reducido, con ellos se necesita un menor número de escalones para conseguir una relación de compresión dada. Por ejemplo, para obtener una relación de compresión de 4 : 1 se necesitan 8 escalones de reacción constante, mientras que harían falta 10 si se utilizasen álabes tipo torbellino libre. En cambio, debido a poder construir estos últimos con perfil variable, con grandes espesores en la raíz, y a que han de funcionar con menores velocidades periféricas, lo que

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

se traduce en unas fuerzas centrífugas más reducidas, se consigue una notable disminución en sus cuerdas con relación a las de los álabes de reacción constante; pudiendo llegar a ser las primeras del orden de los 2/3 de las segundas. Debido a esto, y a pesar del mayor número de escalones, los compresores con álabes tipo torbellino pueden ser incluso más cortos que los de reacción constante, aunque con unas diferencias de poca consideración.

Por otra parte, y debido a su mayor número de MACH en la punta de los álabes, los compresores de reacción constante han de funcionar con un régimen más elevado alrededor de un 30 % mayor en compresores de unos 25 Kg/seg. de gasto de aire. Esto, si bien puede mirarse como un inconveniente bajo el punto de vista del trabajo de los cojinetes, representa, en cambio, otras mejoras de mucha mayor consideración, ya que se disminuye la sección frontal y la relación peso/potencia del motor.

Finalmente, mencionaremos que con álabes de reacción constante ha de ser más cuidadosa la fabricación, y con una tolerancia más estrecha para los juegos radiales. En cambio, bajo el punto de vista constructivo, los álabes tipo torbellino presentan el inconveniente de la necesidad de instalar un mayor número de ellos, tanto porque hay más escalones como porque en cada uno de ellos hay que fijar más álabes al ser de menor cuerda.

Los álabes tipo semi-torbellino tienen propiedades intermedias, y en la práctica son los que se utilizan con preferencia, debido al hecho de que los dos tipos principales de álabes se reparten casi mitad por mitad las ventajas e inconvenientes.

Relación paso/cuerda y ángulo α_2

La relación paso/cuerda y el ángulo α_2 son dos parámetros de los que puede disponer libremente el proyectista, aunque en cierto modo se relacionen indirectamente los valores de uno y otro.

Las relaciones pequeñas s/c mejoran el incremento de temperatura (fig. 48) y hasta ciertos límites el rendimiento del escalón; pero éste puede llegar a disminuir notablemente si aquéllas llegasen a ser demasiado pequeñas. Por otra parte, cuando se utilizan relaciones s/c reducidas, aumenta considerablemente el número de álabes y se hace más difícil la sujeción en su raíz. En la práctica suelen utilizarse relaciones paso/cuerda comprendidas entre 0,6 y 1 : 1.

El ángulo de salida α_2 es el parámetro que tiene un mayor campo posible de variación, utilizándose en la práctica valores comprendidos entre 0 y 60°. Tiene una influencia preponderante en los valores de las velocidades axiles y periféricas (figura 49), en las que también influye la relación s/c.

El rendimiento del escalón es también función del ángulo de salida. En la figura 50 está representada esta dependencia para distintos valores de la relación paso/cuerda. Puede observarse en ella que los valores máximos del rendimiento se presentan en las proximidades de $\alpha_2 = 30°$, aunque con valores pequeños de la relación paso/cuerda las variaciones de rendimiento son de escasa consideración.

En las curvas características del compresor, o funciones $\eta = f(n, G)$ y $p_2/p_1 = f(n, G)$, también tiene influencia el ángulo de salida. Valores pequeños de este ángulo produce el efecto de hacer las curvas más aplanadas, factor de bastante importancia en los compresores axiles, como veremos más adelante. En cambio, con estos valores reducidos de α_2, el rendimiento máximo se presenta en las proximidades del límite de inestabilidad.

Finalmente, indicaremos que, a través de las velocidades, de-

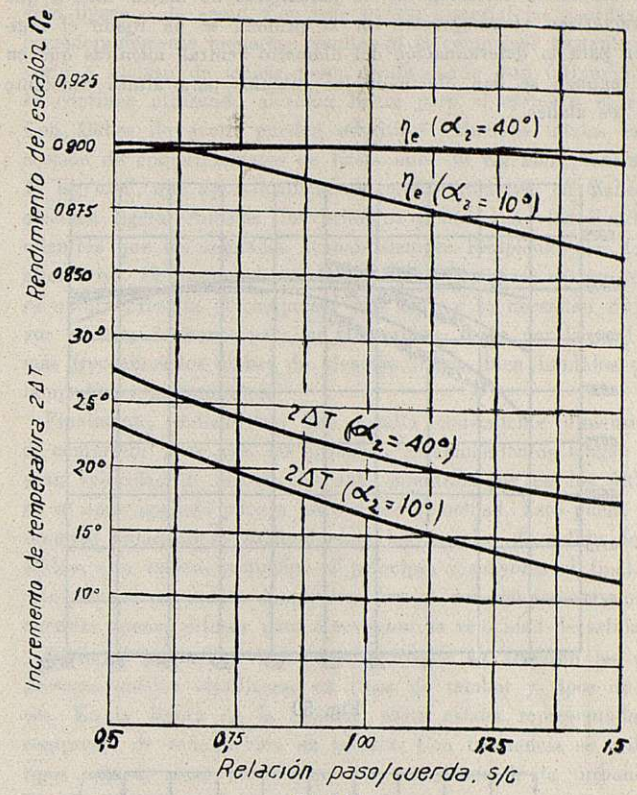


Fig. 48

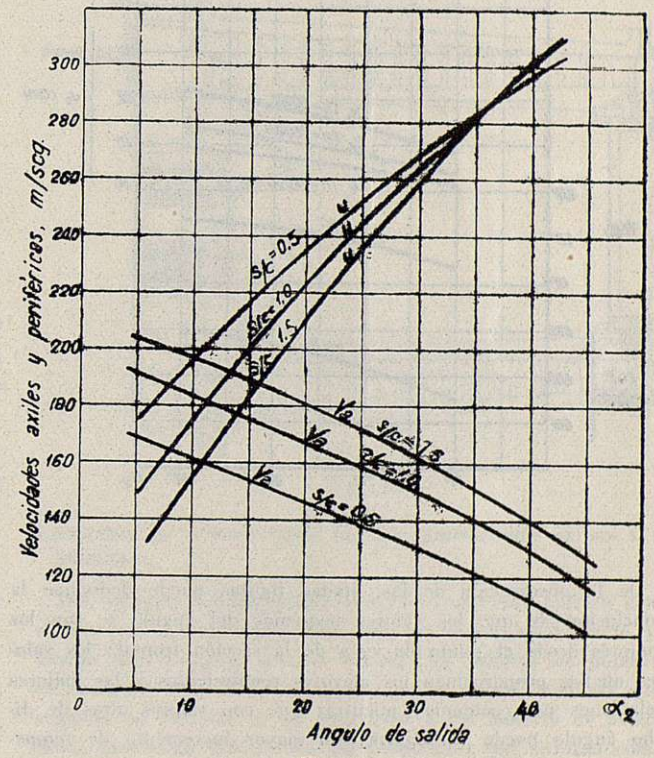


Fig. 49

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

flexión y ángulo α_1, todas las variables y parámetros característicos del compresor son función de α_2. En las figuras 51 y 52, en las que se ha tomado $N_{M_1} = 0{,}7$ y $s/c = 1$, están representadas las curvas de variación de los parámetros de mayor interés que caracterizan el compresor. En la primera se ha fijado el régimen para la determinación del diámetro central, mientras que en la segunda se han efectuado los cálculos para altura constante de los álabes.

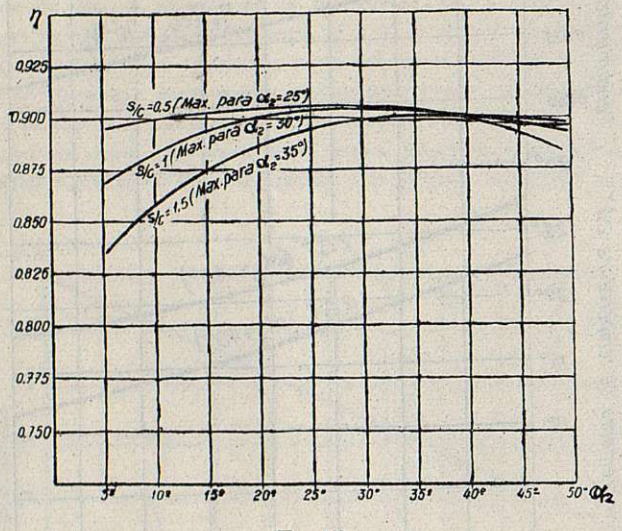


Fig. 50

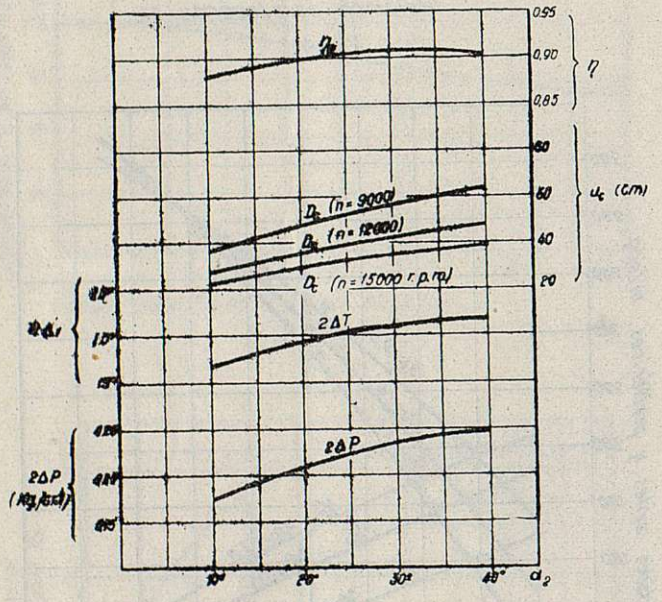
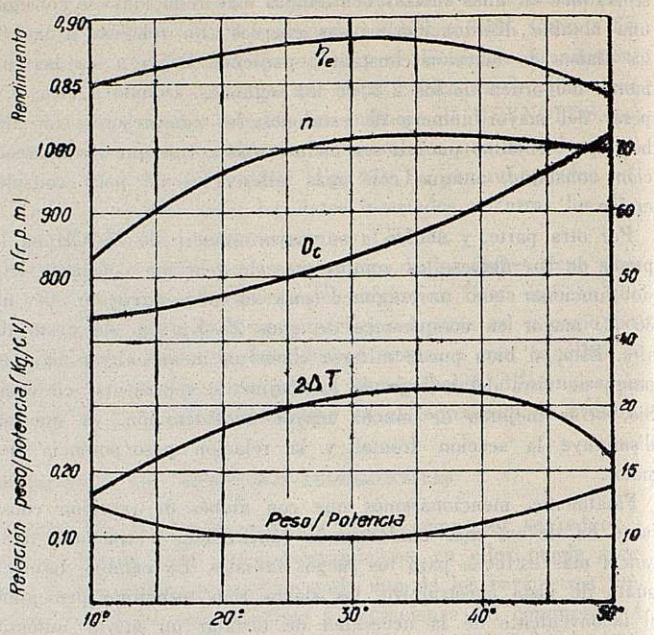


Fig. 51

De la observación de las citadas figuras puede deducirse la conclusión de que los valores pequeños del ángulo α_2 son los mejores desde el punto de vista de la sección frontal; los valores medios proporcionan los mayores rendimientos y las mejores relaciones peso/potencia; mientras que con valores altos de dicho ángulo puede conseguirse un mayor incremento de temperatura en el escalón.



Influencia del ángulo de salida en las características del compresor, para G=20 Kg/seg., h=7cm, s/c=1

Fig. 52

Organización del compresor

El cálculo y diseño de un compresor completo es un problema realmente laborioso y de difícil ejecución, que siempre habrá de completarse con numerosos ensayos. Los últimos escalones son los de cálculo más complicado, ya que en ellos es necesario utilizar los datos y resultados que se han ido estimando de los escalones anteriores, con el inconveniente de la acumulación de errores.

Dentro de la disminución general de sección transversal, que forzosamente ha de producirse desde la entrada a la salida, puede haber cuatro tipos de compresores (fig. 53). En el tipo (a), o compresor ascendente, el diámetro central aumenta progresivamente, incrementándose en forma análoga la velocidad periférica. Desde el punto de vista aerodinámico ésta es la solución más correcta. Hay que tener en cuenta que al ir aumentando gradualmente la temperatura dentro del compresor, las velocidades del

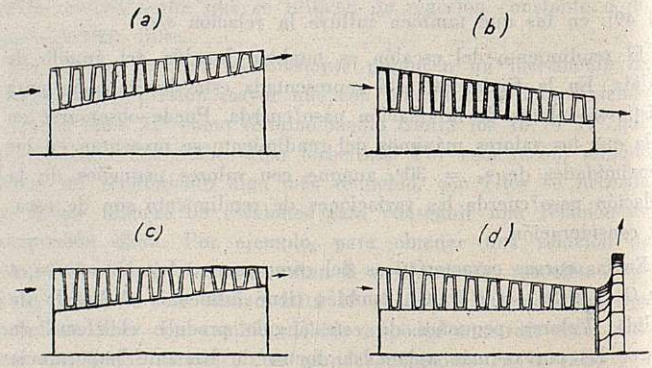


Fig. 53

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

sonido también aumentan, y, por tanto, los números de MACH disminuyen a menos que se incrementen las velocidades de circulación. Por esta razón, resulta conveniente esta forma de compresor, aprovechándose al máximo las posibilidades de aumentar los saltos de temperatura y presión. El inconveniente de este tipo de compresor es que en sus últimos escalones habrá de ser forzosamente muy pequeña la relación entre la altura de los álabes y el diámetro del compresor, y ya se ha indicado que esto puede

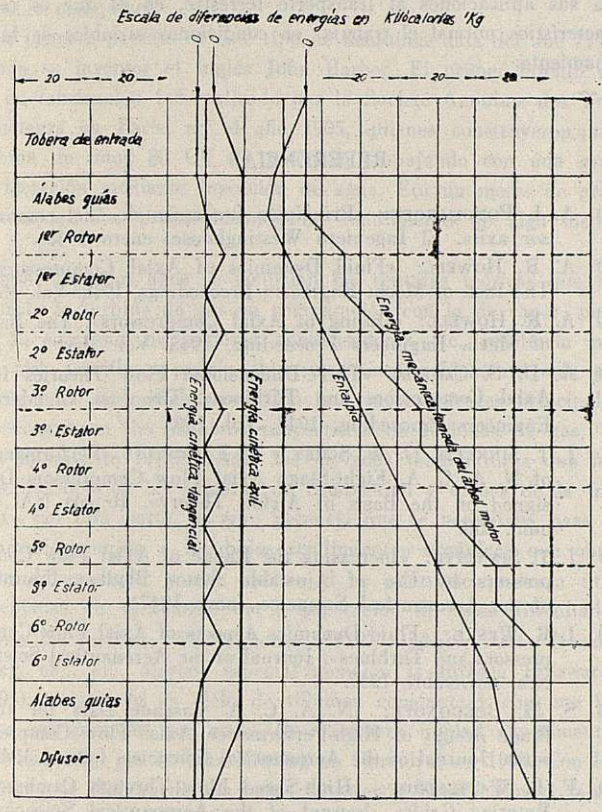


Fig. 54

dar lugar a disminuciones en el rendimiento del escalón. Por otra parte, son de construcción algo más laboriosa que los de cárter exterior de forma cilíndrica.

Teniendo en cuenta lo que acabamos de decir, el tipo (b) ha de ser de malas características aerodinámicas. Su única ventaja estriba en que se mantienen valores altos de la relación h/D_c a todo lo largo del compresor.

El tipo (c), de cárter cilíndrico, es el que con más frecuencia se utiliza en la práctica. El tipo (d), de rotor cilíndrico, resulta más conveniente cuando detrás del compresor axil ha de ir instalado otro centrífugo (turbo-hélice Bristol Theseus).

Como la altura de los álabes va disminuyendo, en teoría convendría que las cuerdas fuesen decreciendo progresivamente en una forma análoga, ya que de esta forma, manteniendo los esfuerzos constantes, se disminuirá la longitud total del compresor. No obstante esta ventaja, en la práctica no es frecuente dimensionar las cuerdas de esta manera, ya que resultaría mucho más costosa y larga la fabricación de los álabes. Lo que se suele hacer es distribuir el compresor en dos o tres grupos de álabes de igual longitud de cuerda, dimensionado cada grupo con los requerimientos de su respectivo primer escalón.

Ya hemos indicado que los álabes pueden fabricarse de aleación ligera o de acero. Con este último material las cuerdas son considerablemente menores, resultando el compresor bastante más corto e incluso de menor peso, condicionado esto último a que se continúe utilizando aleación ligera para el cárter y el rotor. Con álabes de acero pueden admitirse esfuerzos totales en la sección de empotramientos de hasta unos 30 Kg/mm^2, contra los 10 Kg/mm^2, que aproximadamente pueden tolerarse en álabes de aleación ligera. Además, los primeros tienen una vida ilimitada, mientras que los segundos acaban siempre rompiendo por fatiga alternativa. El inconveniente de los álabes de acero es que, como es natural, resulta el compresor más caro y se necesitan un mayor número de horas para su fabricación, razón por la cual son más frecuentes los álabes de aleación ligera, bien fundidos o estampados, y mecanizados.

Finalmente, indicaremos que resulta conveniente dimensionar el compresor para que sus primeros escalonamientos tengan una gran velocidad de circulación axil, mientras que en los últimos se va amortiguando poco a poco dicha velocidad. Esto puede conseguirse modificando gradualmente los ángulos de salida de los álabes, con valores pequeños al principio y mayores al final. De esta manera se reduce la sección frontal del compresor y no se necesita apenas difusor para amortiguar la velocidad de salida.

Desde el punto de vista constructivo de su armazón los compresores pueden clasificarse en tipos de tambor y tipos de discos. En la figura de la primera parte estaba representado un compresor de construcción en tambor. Con frecuencia se utilizan tipos mixtos, como en el caso del compresor de la turbohélice Mamba (fig. 2 de la primera parte).

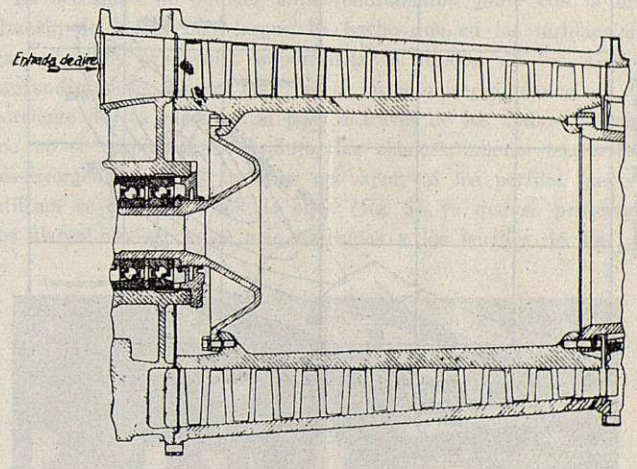


Fig. 55

CONCLUSIONES. COMPARACIÓN DE LOS COMPRESORES AXILES Y CENTRÍFUGOS

Dos ventajas fundamentales tiene el compresor axil en comparación con el centrífugo. Son ellas su mejor rendimiento y su mucho más pequeña sección frontal. La primera es importante en cualquier tipo de instalaciones que se utilice, mientras que la segunda es esencial en su aplicación a los motores de aviación. Basta mencionar que en los turborreactores que utilizan compresor axil se consiguen cerca de 30 Kg. de empuje por dm^2 de área

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

frontal, contra los 16 ó 18 Kg/dm² de los turborreactores con compresor centrífugo, aunque este último sea de dos caras activas.

Como inconveniente de los compresores axiles debe citarse su fabricación, que es notablemente más larga y costosa. Por otra parte, su proyecto es mucho más difícil, mientras que en los compresores centrífugos fácilmente se consiguen buenas características, sin tener que «afinar» mucho en su diseño.

Otro inconveniente de los compresores axiles es que sus curvas funcionales son de mayor pendiente (figs. 56 y 57), es decir, que pierden rápidamente características cuando se apartan de

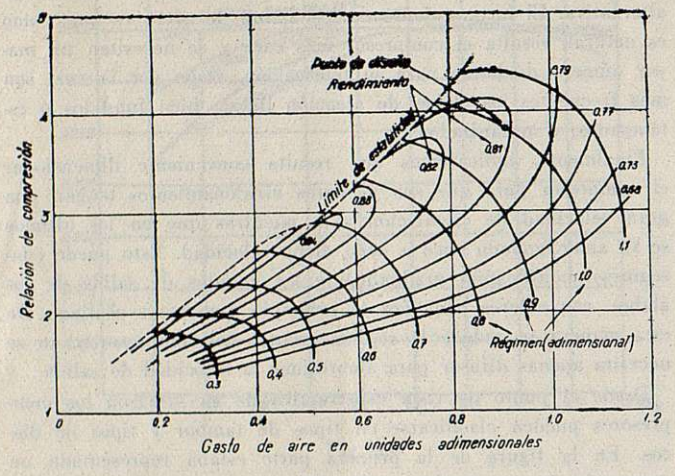


Fig. 56

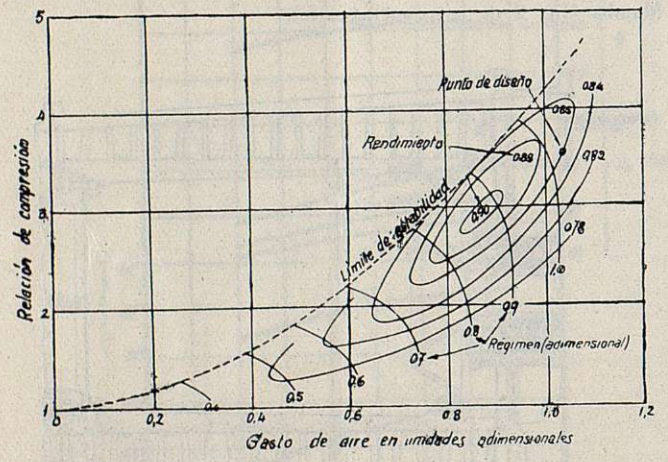


Fig. 57

su punto nominal de funcionamiento, fenómeno que es bastante menos marcado en los centrífugos.

Por último, indicaremos que los compresores axiles son más sensibles a los deterioros que los centrífugos, y que, cuando se instalan en aviones, están mucho más expuestos a la formación de hielo en sus primeros escalones, con efectos notablemente perjudiciales, que podrían dar lugar a la total pérdida de características del compresor.

Ha sido incesante el progreso del compresor axil. Prueba de ello es que en los primeros tipos de turborreactores, con excepción de los fabricados en Alemania, se utilizaba exclusivamente el compresor centrífugo. En cambio, hoy día, de unos 50 prototipos de turborreactores y turbohélices que existen en la actualidad, más del 60 % utilizan el compresor axil. El progreso en la técnica de su diseño y las mejoras introducidas en los procesos de su fabricación han hecho posible este rápido desarrollo. Actualmente se trabaja en el diseño de compresores con álabes orientables, con lo cual podrá conservarse su magnífico rendimiento en cualesquiera condiciones de trabajo, ventaja importantísima para sus aplicaciones al transporte terrestre, en el que es una característica normal el trabajar en condiciones variables de funcionamiento.

REFERENCIAS

(1) A. I. Ponomaroff: «Principios fundamentales del compresor axil». El Ingeniero Westinghouse, enero 1948.

(2) A. R. Howell: «Fluid Dynamics of Axial Compressors». The Inst. of Mech. Engineers Proceedings, 1945. Vol. 153.

(3) A. R. Howell: «Desing of Axial Compressors». The Inst. of Mech. Engineers Proceeding. 1945. Vol. 153.

(4) A. D. S. Carter: «Three-Dimensional Flow Theories for Axial Compressors and Turbines». The Inst. of Mech. Engineers Proceeding, 1948. Vol. 159.

(5) J. T. Sinnette, O. W. Schey y K. J. Austin: «Performance of N. A. C. A. Eight-Stage Axial Flow Compressors Designed on the Basis of Airfoil Theory». Report NACA, núm. 758.

(6) J. T. Sinnette: «Increasing the Range of Axial Flow Compressors by Use of Ajustable Stator Blades». Journal of the Aeronautical Sciencies, mayo 1947.

(7) J. R. Weske: «Fluid Dynamics Aspects of Axial Flow Compressors and Turbines». Journal of the Aeronautical Sciencies, noviembre 1947.

(8) S. M. Bogdonoff: «N. A. C. A. Cascade Data for the Blade design of High-Performance Axial Flow Compressors». Journal of the Aeronautical Sciencies, febrero 1948.

(9) F. L. Wattendrof: «High-Speed Flow Through Cambered Rotating Grids». Journal of the Aeronautical Sciencies, abril 1948.

(10) K. Chistiani: «Experimentelle Untersuchung eines Tragflügel profile bei Gitteranordung». Luftfahrtforschung, 27 agosto 1928.

(11) A. R. Howell: «Aerodynamics of the Gas Turbines». The Journal of the Royal Aeronautical Society, junio 1948.

(12) W. Merchant: «Flow of an Ideal Fluid Past a Cascade of Blades». Report and Memoranda, núms. 1.890 y 1.893.

(13) L. S. Marks y T. Flint: «The design and performance of a High-Pressure Axial-Flow Fan». A. S. M. E. Trans., A. E. R.. 57-1, vol. 57, núm. 7, octubre 1935 (discusión en A. S. M. E. Trans., vol. 58, núm. 3, abril 1936).

(14) R. G. Harris y R. A. Fairthorne: «Wind Tunnel Experiments with Infinite Cascades of Aerofoils». Report and Memoranda, núm. 1.206.

(15) H. T. Adams: «Elements of Internal Combustion Turbine Theory». Cambridge University Press London. 1949.

(16) W. H. Lindsey: «The Development of the Armstrong Siddeley Mamba Engine». Journal of the Royal Aero nautical Society, febrero 1949.

(17) D. M. Smith: «The Development of an Axial Flow Gas Turbine for Jet propulsión». The Institution of Mechanical Engineers, enero 1947.

(18) F. W. Godsey: «Gas Turbines for Aircraft». Mc. Graw-Hill Book. New York, 1949.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

II

TURBINAS DE GAS

ANTECEDENTES.

Se entiende por turbina de gas aquel tipo de turbina que trabaja con un ciclo de presión constante, o ciclo de Brayton, recibiendo la energía de un chorro continuo de gases con elevada temperatura procedentes de la combustión de un líquido o combustible cualquiera.

La primera patente de este tipo de máquinas data del año 1791, siendo su inventor el inglés John Barber. El primer intento serio de fabricación fué realizado por la Societé Anonime des Turbomoteurs en París, en el año 1905, quienes construyeron una turbina de unos 80 CV de potencia, trabajando con una gran refrigeración mediante inyección de agua. Era un motor de gran peso y tamaño, proporcionando un rendimiento de algo menos del 3 %.

Desde aquellos años se conocían las ventajas teóricas que reportaría la turbina de gas en comparación con la de vapor, pues con la supresión de calderas, condensadores, etc., resultaría mucho más sencilla y podría obtenerse considerablemente más potencia para un mismo peso. Con tres inconvenientes principales se encontraron los primeros proyectistas de turbinas de gas. El más importante lo constituía las elevadas temperaturas que habían de soportar las cámaras de combustión y álabes de la turbina; por otra parte, la gran potencia que se necesitaba para la compresión, unido a los bajos rendimientos orgánicos que obtenían, daban lugar a que apenas si se obtuviese potencia útil. Orientadas en el sentido de la superación de estas dificultades fueron las turbinas Westinghouse (1912), Bischof, Baetz, Neznst, Maag, etc., etc. Merece especial mención la turbina Holzwarth (1905), trabajando en ciclo de volumen constante y con una intensa refrigeración por agua, cuya primera unidad experimental fué construída por la casa Körting en Hannóver en 1908. Con las patentes de Holzwarth, las casas Thyssen y Brown Boveri fabricaron durante los años 1914 a 1927 varios tipos de turbinas, aunque ninguna llegó a funcionar de un modo continuo. En 1928 la casa Brown Boveri fabricó una turbina de gas conservando la idea de Holzwarth, que fué instalada en una fábrica alemana de acero, donde estuvo funcionando hasta 1933. Visto el buen resultado de ella se construyó otra en Mannheim de 5.000 CV de potencia.

Los trabajos de la casa Brown Boveri, en conexión con las patentes de Holzwarth, dieron también por resultado el desarrollo del generador de vapor Velox, el cual lleva como sistema auxiliar una turbina de gas que mantiene la combustión bajo presión. Este sistema auxiliar del generador Velox dió origen a que se volviera a las turbinas con combustión a presión constante.

En su aplicación a motores de aviación deben destacarse principalmente los trabajos del Comodoro F. Whittle en Inglaterra, quien patentó su primera turbina de gas en el año 1930. Contando con alguna ayuda privada, fundó en el año 1936 la Sociedad Power Jets Ltd., a la que en el año 1937 comenzó a prestarle ayuda oficial el Ministerio del Aire inglés. Esta sociedad construyó su primer motor en el año 1938, que sufrió la rotura de la turbina después de cinco horas de prueba. En 1941, el avión Gloster E. 28 voló impulsado por el motor Whittle W-1X, y

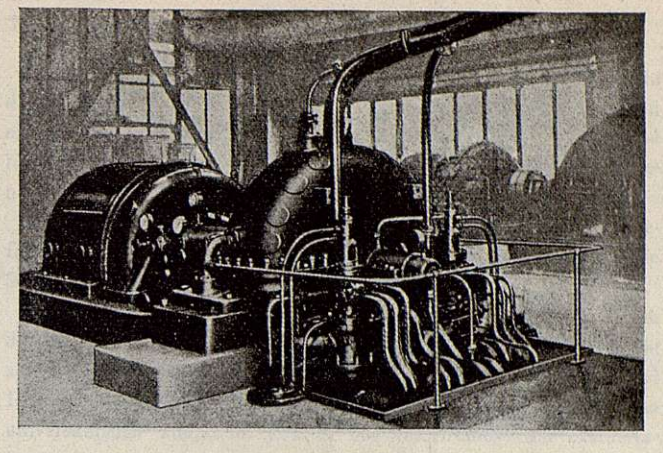


Fig. 1.—*Turbina Holzwarth.*

a partir de esta fecha se inició un gran desarrollo de estos motores, de los que se derivan todos los turborreactores construídos en la actualidad en Inglaterra y los Estados Unidos.

Paralelamente a los trabajos de Whittle, también se fueron desarrollando importantes investigaciones sobre las turbinas de gas, en su aplicación a la aviación, en Alemania. Las casas Junkers, B. M. W., Heinkel e Hirth proyectaron y construyeron gran número de turborreactores, que equiparon diversos tipos de aviones de combate a fines de la última guerra.

El cálculo de una turbina de gas difiere notablemente del de una de vapor, especialmente cuando la turbina de gas está destinada a utilizarse en un turborreactor. En ellas, las velocidades periféricas son mucho más grandes, obteniéndose también mucha mayor potencia por escalón.

La necesidad de obtener altos rendimientos, junto con la utilización de álabes más largos, ha hecho que en las turbinas de gas adquiera primordial importancia la torsión de los álabes, profundizándose mucho más en el estudio aerodinámico de la corriente de los gases en su paso a través de los álabes. Asimismo no se emplean, en absoluto, las clásicas toberas convergentes-divergentes de las turbinas de vapor, ni los perfiles que se utilizan se parecen a los de ellos (fig. 5), ya que se proyectan los álabes con secciones más parecidas a los perfiles de ala.

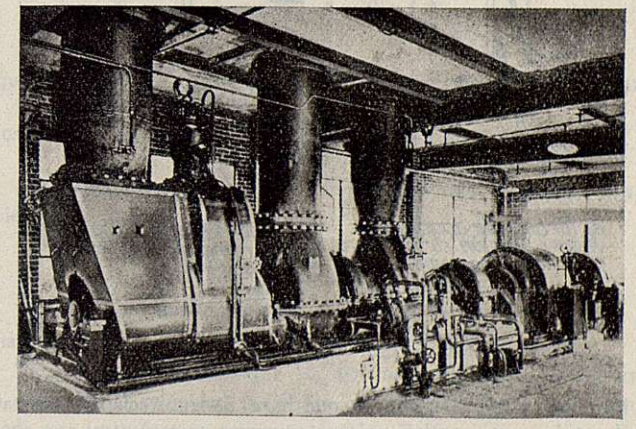


Fig. 2.—*Turbina de gas de la "Houdry Oil Refinery Process", Philadelphia, U. S. A.*

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

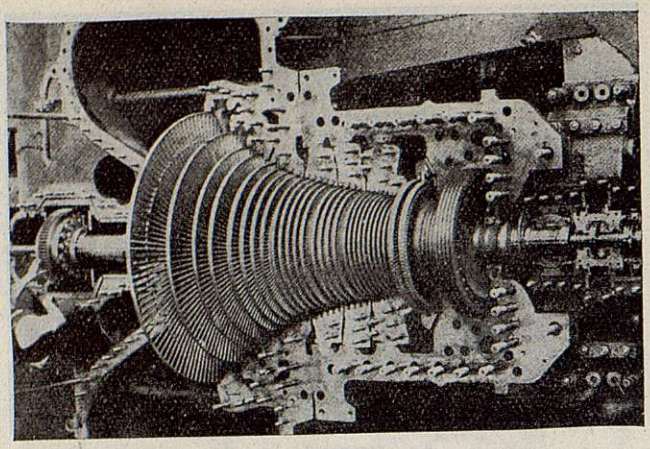


Fig. 3.—*Turbina típica de vapor de cárter único.*

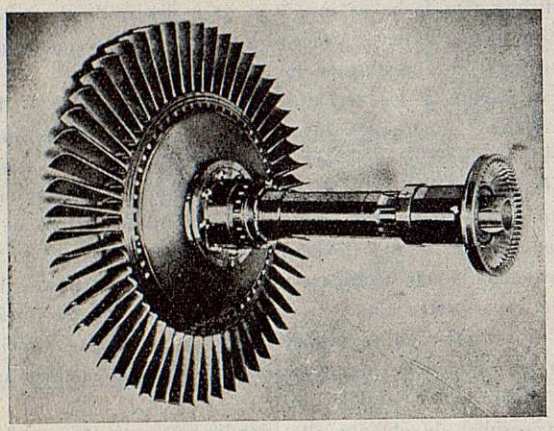


Fig. 4.—*Turbina de gas de un solo escalón y de* 10.000 *CV. de potencia.*

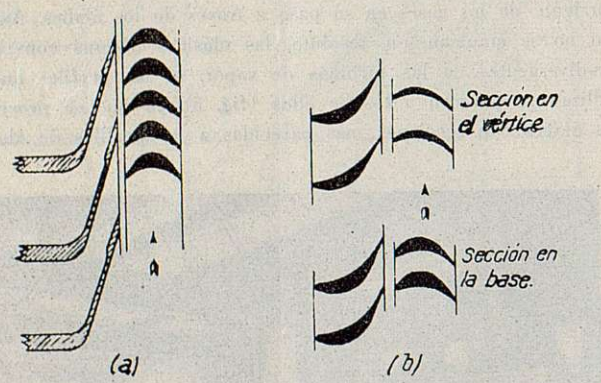


Fig. 5.—*Comparación de dos escalonamientos típicos en las turbinas de vapor y de gas.*

Por otra parte, el hecho de que haya de aprovecharse directamente la energía cinética residual después de la turbina, en vez de constituir una pérdida, hace que el proyecto haya de subordinarse en muchos aspectos a este requerimiento primordial.

Finalmente, indicaremos que las elevadas temperaturas con que funcionan los álabes es una cuestión esencial en el proyecto de la turbina, viniendo impuestos muchos factores por la necesidad de obtener temperaturas lo más reducidas posibles en los álabes móviles, y especialmente en su raíz.

Esta misma cuestión lleva unida consigo el problema metalúrgico, imponiendo la necesidad de la utilización de materiales con elevadas características de resistencia a la deformación en caliente, y a la corrosión de los gases; problema metalúrgico que ha ido unido, y que seguirá yendo, con la historia y desarrollo de la turbina de gas.

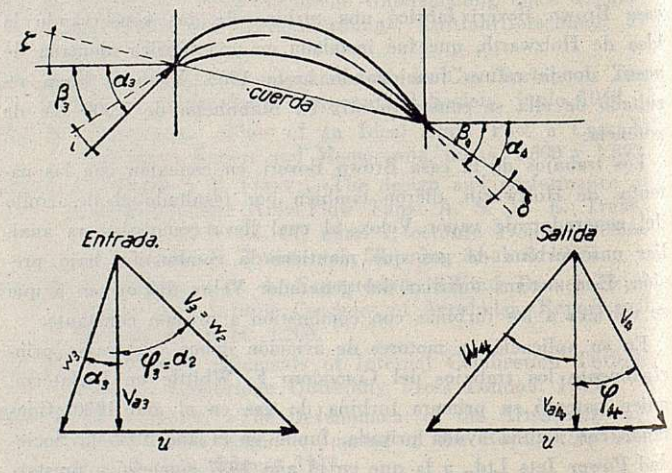
TURBINAS

Notación.

En general, se seguirá una notación análoga a la utilizada en el caso de los compresores axiles, con las diferencias siguientes: 1 y 2 indicarán entrada y salida en el estator, mientras que 3 y 4 entrada y salida en el rotor. El subíndice 0 expresará las condiciones del punto de remanso.

Además de la designación ya establecida de ángulos y velocidades, se utilizarán las variables siguientes:

K_p, K'_p, Q_p, Q'_p = coeficientes de utilización de potencia.
η_{is} = rendimiento adiabático del estator.
η_{ir} = rendimiento adiabático del rotor.
η_{im} = rendimiento mecánico.
ξ = coeficiente de pérdidas intersticiales.
η_n = rendimiento politrópico de la expansión.
η_a = rendimiento adiabático de la expansión.
ΔH_c = salto de entalpía necesario para la compresión.
ΔH_{Ti} = salto de entalpía ideal o teórico de la turbina.
ΔH_{Tr} = salto de entalpía real.



Notación y triángulos de velocidades, representándose en estos los ángulos con su signo positivo

Fig. 6

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Ecuaciones generales. Grado de reacción.

De acuerdo con los principios fundamentales ya expuestos en el cálculo de los compresores axiles, podemos escribir directamente las ecuaciones siguientes:

$$\tau_p = \frac{u}{g}(V_3 \operatorname{sen} \varphi_3 - V_4 \operatorname{sen} \varphi_4) = \frac{u}{g}(V_{a4} \tan \alpha_4 - V_{a3} \tan \alpha_3) = \frac{V_3^2 - V_4^2}{2g} + \frac{w_4^2 - w_3^2}{2g} \quad (1)$$

$$P = G\,\tau_p = \frac{G\,u}{g}(V_3 \operatorname{sen} \varphi_3 - V_4 \operatorname{sen} \varphi_4) \quad (2)$$

$$J\,(H_3 - H_4) = \frac{w_4^2 - w_3^2}{2g} \quad (\ )$$

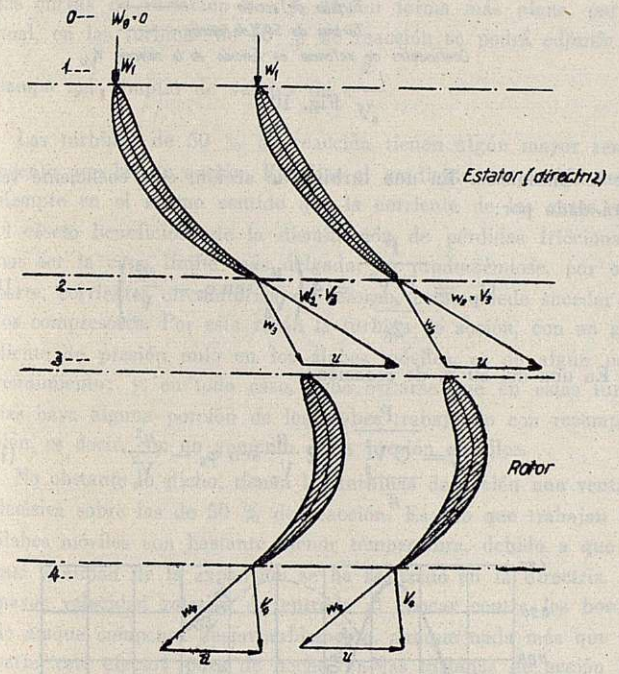


Fig. 7.—*Escalón típico, con su notación, de una turbina de gas.*

$$J\,(H_1 - H_2) = \frac{w_2^2 - w_1^2}{2g} \quad (w_2 = V_3) \quad (4)$$

$$J\,(H_1 - H_4) = \tau_p + \frac{V_4^2 - V_1^2}{2g} = \frac{V_3^2 - V_1^2}{2g} + \frac{w_4^2 - w_3^2}{2g} \quad (5)$$

$$GR = \frac{H_3 - H_4}{H_1 - H_4} = \frac{w_4^2 - w_3^2}{V_3^2 - V_1^2 + w_4^2 - w_3^2} \quad (6)$$

En la mayoría de los casos es despreciable la velocidad V_1 frente a los demás, por lo cual, con frecuencia supondremos $V_1 = 0$, y a este estado de remanso lo distinguiremos con el subíndice 0. La velocidad axil es esencialmente variable en la directriz o estator, pero en el rotor podrá tomarse casi siempre $V_a = cte.$

Tipos de turbinas.

Aunque debido a la necesaria torsión de los álabes, el grado de reacción en una turbina de gas es esencialmente variable con el radio; refiriéndonos al diámetro medio vamos a estudiar qué tipos son los que se utilizan, así como sus ventajas e inconvenientes.

Dos clases de turbinas, en cuanto al grado de reacción se refiere, se utilizan en la práctica, que son las de acción y las de 50 % de reacción o simétricas.

Las turbinas de acción puras son incompatibles con la torsión de los álabes, por lo cual, aunque las denominemos a veces de acción, en realidad tienen un grado de reacción del orden del 15 ó 20 % en el diámetro medio. Este es el tipo de turbina universalmente adoptado, y a él nos referiremos casi exclusivamente.

Unicamente en los Estados Unidos, y en algunos turborreactores o turbohélices de compresor axil que funcionan con un gran gasto de aire en relación con su sección frontal, se proyectan las turbinas con un 50 % de reacción. En cambio, en Inglaterra y todos los demás países europeos, se utiliza la turbina de muy pequeño grado de reacción.

Despreciando de momento las pérdidas que se producen en la directriz y en los álabes móviles, la potencia suministrada por una turbina de acción puede ponerse en la forma siguiente:

$$P = 2\frac{u\,G}{g}(V_3 \operatorname{sen} \varphi_3 - u)\ (w_3 = w_4) \quad (7)$$

Definiendo un coeficiente de potencia, en la forma:

$$K_p = \frac{g\,P}{G\,u^2} = 2\left(\frac{V_3}{u} \operatorname{sen} \varphi_3 - 1\right) \quad (8)$$

Tenemos que, para un gasto y una velocidad periférica dada, la potencia suministrada por una turbina de acción depende de la relación $\frac{V_3}{u}$ y del ángulo φ_3, siendo tanto mayor cuanto más grandes sean los valores de los dos parámetros (Fig. 10).

En una turbina de 50 % de reacción, el coeficiente de potencia viene dado por:

$$K'_p = 2\frac{V_3}{u} \operatorname{sen} \varphi_3 - 1 \quad (9) \quad \begin{pmatrix} w_4 = V_3 \\ \varphi_3 = -\alpha_4 \end{pmatrix}$$

que como puede observarse es mayor que el que se obtiene para los mismos valores de $\frac{V_3}{u}$ y φ_3 en las turbinas de acción.

A igualdad de velocidades periféricas, en una turbina de reacción basta que sea:

$$V'_3 \operatorname{sen} \varphi_3 = K \operatorname{sen} \varphi_3 - \frac{u}{2}$$

para que se obtenga igual potencia que en una de acción.

Tiene interés el comparar las potencias que pueden lograrse a igualdad de velocidad periférica, porque esta última viene limitada por los esfuerzos mecánicos en los álabes y en el disco. Por otra parte, también es de importancia fundamental comparar la potencia capaz de dar una turbina en relación con la energía que

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

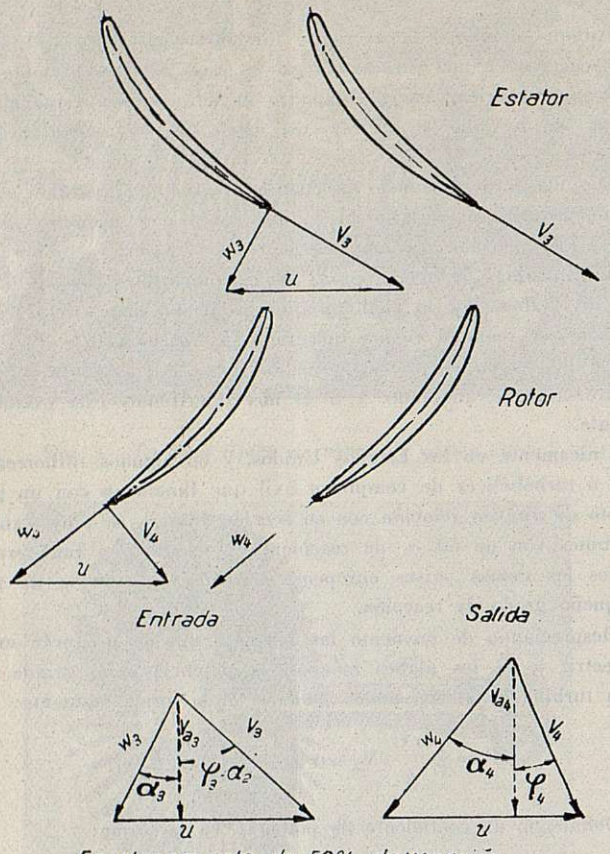


Fig. 8

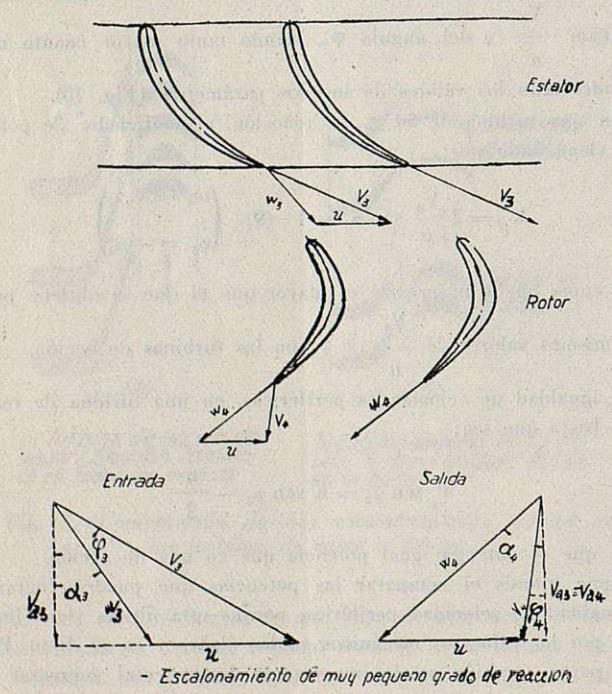


Fig. 9

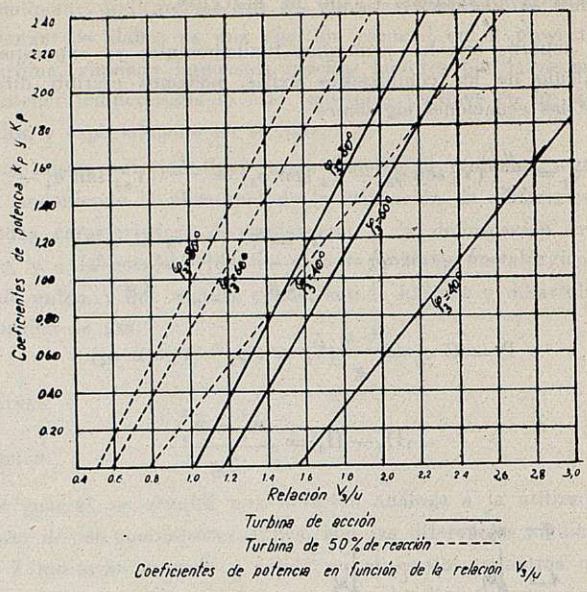


Fig. 10

se le suministra. En una turbina de acción, este coeficiente vendrá dado por:

$$Q_p = \frac{P}{\frac{G V_3^2}{2g}} = 4\left(\frac{u}{V_3}\operatorname{sen}\varphi_3 - \frac{u^2}{V_3^2}\right) \qquad (10)$$

En una del 50 % de reacción:

$$Q'_p = \frac{P}{\frac{G V_3^2}{g}} = 2\,\frac{u}{V_3}\operatorname{sen}\varphi_3 - \frac{u^2}{V_3^2} \qquad (11)$$

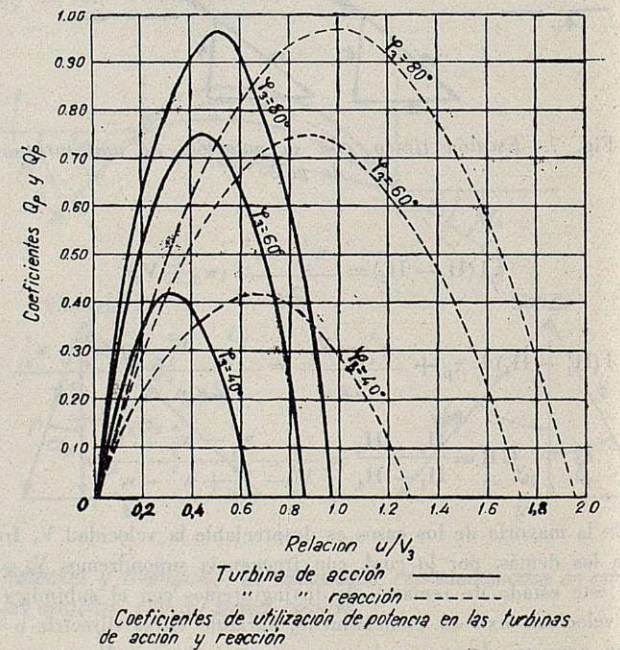


Fig. 11

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Estando representados estos coeficientes en la figura 11. El máximo de potencia se presenta para $u/V_3 = \frac{\text{sen } \varphi_3}{2}$ en el primer caso, y para $\frac{u}{V_3} = \text{sen } \varphi_3$ en el segundo, resultando:

$$(Q_p)\ \text{máx.} = \text{sen}^2 \varphi_3 = (Q'_p)\ \text{máx.}$$

Es decir, que la máxima potencia recogida en relación con la suministrada es igual en ambos tipos de turbinas.

De lo que acabamos de exponer se deduce que en las turbinas de acción la relacción $\frac{u}{V_3}$ habrá de ser más reducida que en las de 50 % de reacción; en la práctica suelen estar comprendidas entre 0, 0,3 y 0,5, para las primeras, y entre 0,7 y 1,5, para las segundas. También puede observarse en la figura anterior que las curvas de variación de Q'p tienen forma más plana, por lo cual, en las turbinas de 50 % de reacción se podrá admitir un campo más amplio de valores de $\frac{u}{V_3}$.

Las turbinas de 50 % de reacción tienen algún mayor rendimiento que las de acción. En ellas el gradiente de presión actúa siempre en el mismo sentido que la corriente de los gases, con el efecto beneficioso de la disminución de pérdidas friccionales por ser la capa límite más delgada, no produciéndose, por otra parte, corrientes circulatorias de retorno, como puede suceder en los compresores. Por esta razón la turbina de acción, con un gradiente de presión nulo en los álabes móviles, es de algún peor rendimiento; y, en todo caso, debe evitarse que en estas turbinas haya alguna porción de los álabes trabajando con recompresión, es decir, con un aumento de la presión en ellos.

No obstante lo dicho, tienen las turbinas de acción una ventaja decisiva sobre las de 50 % de reacción. Es ello que trabajan los álabes móviles con bastante menor temperatura, debido a que la casi totalidad de la expansión se ha realizado en la directriz. La mayor velocidad relativa de entrada al chocar contra los bordes de ataque compensa desfavorablemente, aunque nada más que en parte, este efecto; pues de hecho, en las turbinas de acción los álabes móviles pueden trabajar con temperaturas inferiores incluso en más de 50° que las de 50 % de reacción; diferencia que resulta realmente importante. Por esta razón, se utilizan casi exclusivamente las turbinas de acción (en realidad con un pequeño grado de reacción, como veremos más adelante); únicamente en los Estados Unidos se siguen utilizando algunas turbinas de 50 % de reacción, en turborreactores de compresor axil, en los cuales su gasto de aire sea muy grande en relación con su área frontal. Esto da origen a que los álabes han de ser muy largos en comparación con el diámetro de la turbina, y a que las velocidades periféricas no sean muy elevadas. En este caso puede ser más conveniente una turbina de 50 % de reacción, que siendo capaz de suministrar más potencia, podría evitar la necesidad de tener que instalar una turbina de acción de dos escalones.

En lo sucesivo nos referimos con preferencia a las turbinas de pequeño grado de reacción, aunque gran parte de las cuestiones que se tratan tendrán también aplicación en el caso de las turbinas de 50 % de reacción.

Tipos de torsión.

Dos tipos de torsión se utilizan para los álabes de la directriz. En el más perfecto, que es el tipo torbellino libre, la variación radial de las velocidades viene dada por:

$$V_a = \underline{\text{cte}};\ V_t \times r = \underline{\text{cte}}. \qquad (12)$$

Fórmulas con las que se determina inmediatamente la variación radial del ángulo φ_3.

Para facilitar la fabricación, a veces se fabrican los álabes fijos sin torsión. En este caso el ángulo φ_3 es aproximadamente constante, y de la ecuación de equilibrio radial, ya establecida, se obtiene:

$$V_a\, r\, \text{sen}^2 \varphi_3 = \text{cte};\ V_t = V_a \tan \varphi_3 \qquad (13)$$

Cuando se desea una mayor aproximación y no quiere utilizarse la ecuación de Bernouilli para el cálculo del equilibrio radial, pueden establecerse unas nuevas fórmulas basadas en el rendimiento politrópico de la directriz. Suponiendo que las pérdidas son constantes para cualquier radio, tenemos:

$$\frac{\partial p}{\partial r} = \frac{V_t^2}{r} \quad (14) \quad \text{(ecuación de equilibrio)}$$

$$\frac{\partial}{\partial_r}\left(\frac{V^2}{2_g} + J\, c_p\, T\right) = O \quad (15) \quad \text{(ecuación de conservación de la energía).}$$

$$\frac{P}{\rho_n} = \underline{\text{cte}} \quad (16) \quad \text{(ecuación de la transformación politrópica).}$$

$$\eta_n = \frac{\frac{\gamma}{\gamma - 1}}{\frac{n}{n-1}} \quad (17) \quad \text{(rendimiento politrópico)}$$

Con los que se llega fácilmente a la siguiente ecuación para el equilibrio radial:

$$V_a \frac{d\, V_a}{d\, r} + V_t \frac{d\, V_t}{dr} + \eta n \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dr} = O \qquad (18)$$

que es la misma ecuación que ya se estableció, si se supone

$$\eta_n = 1$$

Resulta:

Torbellino libre:

$$V_a = \underline{\text{cte}};\ V_a\, r\, \eta_n = \underline{\text{cte}} \qquad (19)$$

Angulo constante:

$$V_a\, r\, \eta_n\, \text{sen}^2 \varphi_3 = \underline{\text{cte}};\ V_t = V_a \tan \varphi_3 \qquad (20)$$

que difieren muy poco de las fórmulas (12) y (13), por ser η_n muy próximo a la unidad.

Los álabes móviles se torsionan de manera que en todos los radios sea igual el trabajo periférico, pues en esta forma se consigue un rendimiento máximo. El ángulo de entrada se determina en función de φ_3 y de la incidencia escogida, y el de salida se calcula de acuerdo con la condición anterior. Sobre esta cuestión volveremos a insistir más adelante.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Pérdidas y rendimientos.

Análogamente a como sucedía para los compresores axiles existen tres tipos de pérdidas en las turbinas. Son las debidas a la resistencia del perfil, a la resistencia inducida y a la resistencia anular, las cuales dan origen a pérdidas de la presión total del gas.

El coeficiente de pérdida de presión total debido a la resistencia del perfil, y referido a la presión dinámica de salida, es del orden de 0,04 en las turbinas de 50 % de reacción, siendo próximo a 0,10 en los de pequeño grado de reacción, debido ya que en ellos se utilizan álabes con mayor curvatura y espesor que en los de 50 % de reacción.

Según la referencia 3, las pérdidas de presión debidas a la resistencia inducida pueden estimarse con la siguiente fórmula empírica, que proporciona muy buena exactitud:

$$\frac{\text{Pérdida de presión total}}{\text{Presión dinámica en la salida}} = 0{,}04\left(1 - \frac{\beta_3}{\alpha_4}\right) C_L^2 \quad (21)$$

en la que C_L, es el coeficiente de sustentación, pero referido a la velocidad de salida en vez de al vector velocidad media. Tendrá, pues, el valor:

$$C_L = \frac{2\,S}{c}(\tan\alpha_3 - \tan\alpha_4)\frac{\cos^2\alpha_4}{\cos\alpha_m} \quad (22)$$

Las pérdidas de presión debidas al rozamiento del gas contra los anillos de cierre en el caso de la directriz, o contra el anillo superior y rotor de la turbina, cuando se trata de los álabes móviles, vienen dadas por:

$$\frac{\text{Resistencia anular}}{\text{Presión dinámica de salida}} = 0{,}02\,\frac{c}{h} \quad (23)$$

fórmula empírica tomada de la misma referencia anterior, y válida para coeficientes de fricción superficiales del orden de 0,008.

Con los coeficientes de pérdida así establecidos puede calcularse fácilmente el rendimiento de la turbina. Contrariamente a como acontecía para los compresores axiles, aquí se han referido los coeficientes a la presión dinámica de salida, en vez de al vector velocidad media, teniendo ventaja hacerlo en dicha forma si se considera variación en la velocidad axil, pues en este caso queda indeterminado el valor del vector velocidad media.

Además de las pérdidas citadas hay que considerar las intersticiales, debido a las cuales parte del gas pasa por los álabes móviles sin desarrollar trabajo. Esto, unido a la desigual distribución de velocidad axil que producen, lleva consigo que haya que afectar a la potencia (no al trabajo periférico) de un coeficiente ξ de pérdida, que puede tomarse igual a 0,95. Deberá, pues, ponerse:

$$P = \frac{G\,u}{g}(V_3 \operatorname{sen}\varphi_4 - V_4 \operatorname{sen}\varphi_4) \quad (24)$$

Cuando se considera la potencia que ha de suministrar la turbina en función de la necesaria para la compresión, deberán considerarse las pérdidas mecánicas en el árbol motor, así como la necesaria para el arrastre de los mecanismos auxiliares. En ellos pueden también incluirse los debidos a la resistencia al giro que presentan los rotores al rozar contra el aire. En el caso de los motores de aviación (turborreactores y turbohélices), y, en general, para cualquier motor con su eje transmisor montado sobre cojinetes de bolas o rodillos, estas pérdidas son despreciables; ya que, por otra parte, la potencia necesaria para el arrastre de los mecanismos auxiliares es insignificante en comparación con la gastada en la compresión (menor del 1/1.000). En total, puede afirmarse que el conjunto de todas las pérdidas no llega a valer el 1/100 de la potencia necesaria, por lo cual, en la generalidad de los casos, no habrá necesidad de tenerla en cuenta.

En general, para los tipos de turbinas de pequeño grado de reacción universalmente empleados y para una estimación rápida de características, pueden tomarse los siguientes valores de las pérdidas y rendimientos:

Rendimiento adiabático de la directriz	$\eta_{as} = 0{,}96$
Rendimiento adiabático del rotor.....	$\eta_{ar} = 0{,}95$
Rendimiento mecánico.....	$\eta_m = 0{,}99$
Pérdidas de intersticiales de potencia.....	$1-\xi = 0{,}05$
Rendimiento politrópico de la expansión.....	$\eta_n = 0{,}94$

Más adelante indicaremos cómo mediante el conocimiento de estos coeficientes y de la energía cinética residual después de la turbina, puede llegarse al cálculo del salto de entalpía necesario y del rendimiento adiabático total de la turbina.

Incidencia y desviación.

Análogamente a como acontecía para los compresores axiles, la incidencia del gas contra los álabes tiene una marcada influencia en el rendimiento de la turbina. La curva de variación de las pérdidas debidas a la resistencia del perfil en función de la incidencia presenta un mínimo en la zona próxima a los cero grados. En cambio, la resistencia inducida es función creciente, mientras que la resistencia anular se mantiene constante (fig. 12). Las curvas de pérdidas totales siguen presentando un mínimo en la zona comprendida entre los —10 y los 0°, por lo cual, dentro de dichos valores debe seleccionarse el valor nominal de la

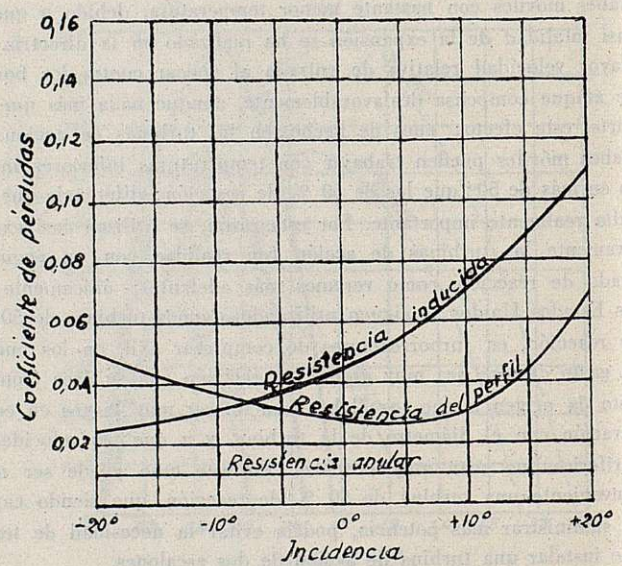


Fig. 12.—*Curvas típicas de variación de los coeficientes de pérdidas en una turbina para perfiles del orden del* 15 % *de espesor, de flexiones de unos* 70° *y alargamientos próximos a* 2-1.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

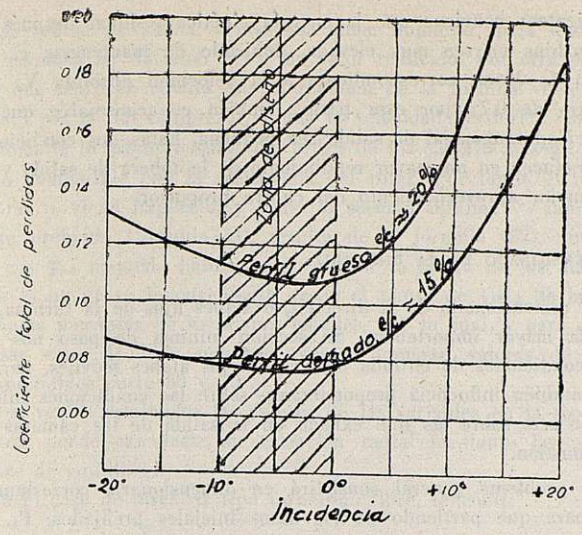


Fig. 13.—*Variación de coeficiente total de pérdida en función de la incidencia.*

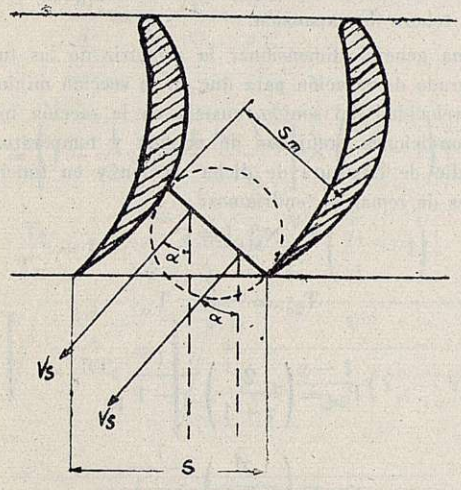


Fig. 14.—*Sección mínima de paso y ángulo de salida* $\cos \alpha = \frac{s_m}{s}$.

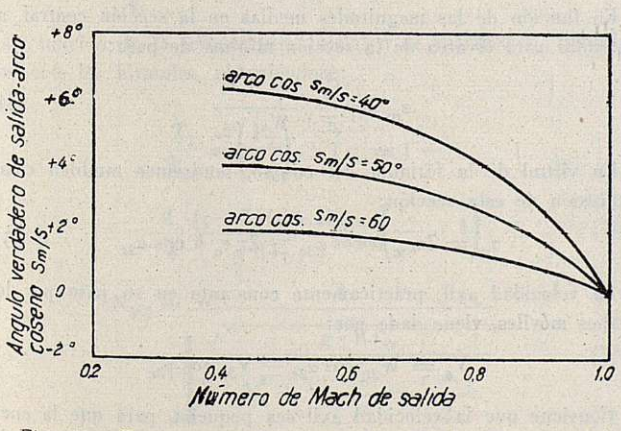


Fig. 15.—*Error que proporciona la fórmula empírica del ángulo de salida en función de número de MACH (tomada de la Ref. 3).*

incidencia (fig. 13). En esta misma figura puede observarse cómo disminuyen las pérdidas al aumentar el grado de reacción, volviéndose las curvas más planas. Como ya se indicó, habrá de evitarse en todo momento que el álabe trabaje en algún punto con recompresión.

En las turbinas, la desviación $\delta = \alpha_4 - \beta_4$, se rige por muy distintas leyes que en los compresores, no siendo válidas las fórmulas que allí se establecieron. En ellas se utiliza la denominada «fórmula del coseno», que expresa el ángulo de salida en función del paso s y de la sección mínima s_m (fig. 14), en la forma:

$$\alpha = \text{arco coseno } \frac{s_m}{s} \qquad (25)$$

Esta fórmula proporciona resultados que pueden considerarse exactos cuando el número Mach de salida es igual a la unidad. Los errores que se cometen cuando este número de Mach es distinto de la unidad se indican en la figura 15, pudiendo observarse que son de muy poca consideración.

Influencia de otros parámetros fundamentales: deflexión, relación paso/cuerda, números de Mach y Reynolds.

Debido al carácter estable de la expansión de un gas a diferencia de lo que acontecía para los compresores axiles, no hay inconveniente en diseñar los álabes de una turbina para que trabajen con grandes valores de la deflexión, de hecho superiores a 80 y 90°. Por esta misma razón, el valor de la deflexión se subordina a otros factores que se imponen en el diseño; potencia necesaria, pequeña velocidad tangencial, velocidad axil reducida, etcétera, etc.

La relación paso/cuerda debe ser en teoría función de la deflexión, a fin de conseguir el valor deseado de ella con el mínimo de pérdidas, pues no debe olvidarse que estas pérdidas aumentan al disminuir s/c. (fig. 16). Ahora bien, existe, por otra parte, un factor de la mayor importancia, que consiste en la disminución de los esfuerzos de flexión cuando se aumenta el número de álabes, o sea, se disminuye la relación paso/cuerda. Como los esfuerzos son un factor primordial en el diseño de una turbina de gas, deberán elegirse valores reducidos de dicha relación. Ahora bien,

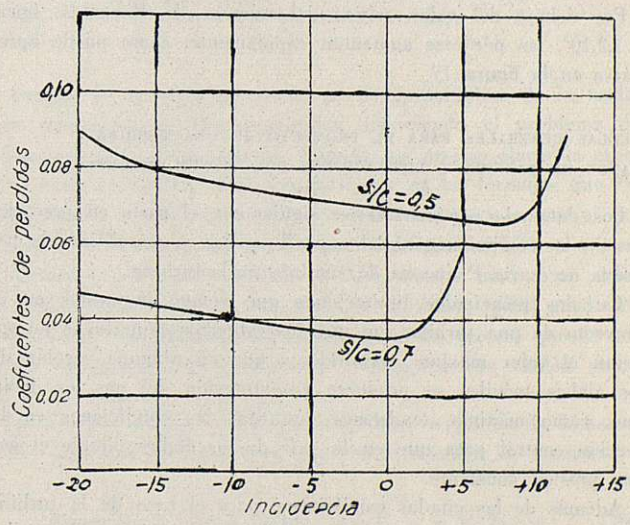


Fig. 16

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

existe un límite inferior impuesto por el espacio que se requiere para la fijación del álabe por su raíz. Este límite inferior es del orden de 0,55 : 1 a 0,60 : 1. En la práctica, se utilizan valores de la relación s/c. en el diámetro medio comprendidos entre 0,60 : 1 y 0,75 : 1.

En su paso a través de los álabes, no hay inconveniente que el gas lo haga con elevados números de Mach. Puede comprobarse que aumentando el número de Mach de salida desde 0,7 hasta la unidad, las pérdidas crecen debido a la formación de pequeñas ondas de choque locales, pero que este aumento de pérdidas es de escasa consideración. Como veremos, a la salida de la directriz conviene que el número de Mach valga aproximadamente la unidad. En cambio, en la salida de los álabes móvi-

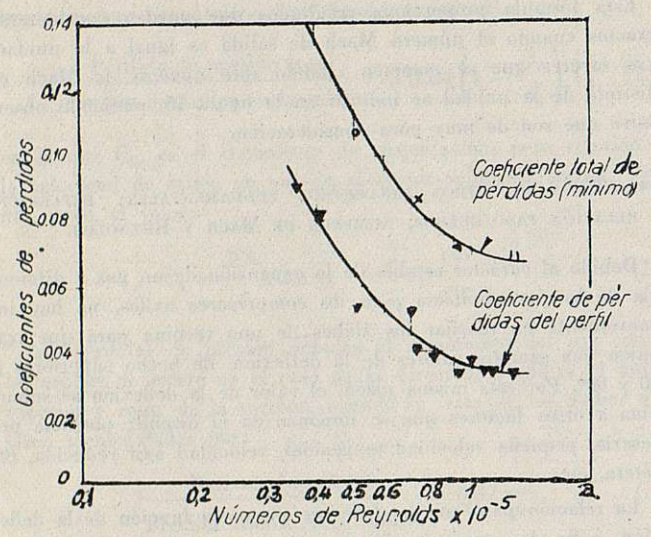


Fig. 17

les debe mantenerse igual o menor que 0,7, a fin de no tener pérdidas demasiado elevadas en la tobera de salida.

Los valores y fórmulas que se han insertado para las pérdidas, son válidas cuando se opera con número de Reynolds superiores a 2.10^5, o ligeramente inferiores (números basados en la velocidad y condiciones de salida).

Por debajo del valor crítico del número de Reynolds, igual a $1{,}2.10^5$, las pérdidas aumentan rápidamente, como puede apreciarse en la figura 17.

Reglas generales para el proyecto de una turbina. Datos de partida y limitaciones que vienen impuestas.

Los datos de partida son los siguientes: el gasto en peso del gas G; las condiciones iniciales, p_o, T_o y V_o; y, por último, la potencia necesaria P que ha de suministrar la turbina.

Las dos principales limitaciones que vienen impuestas en el proyecto de una turbina son que los esfuerzos centrífugos no superan el valor máximo permitido, y que en ninguna sección de los álabes móviles se produzca recompresión del gas, es decir, que, como máximo, tendremos que fijar las condiciones en la sección central para que en la raíz de los álabes circule el gas con presión constante.

Además de las citadas condiciones, para el caso de la turbina de gas de un turborreactor son deseables otras dos, que son las siguientes: conviene que la energía cinética residual después de la turbina no sea muy elevada, debiendo de mantenerse el número de Mach correspondiente a la velocidad absoluta V_2 por debajo de 0,7; por otra parte, también es aconsejable que la velocidad tangencial de salida sea pequeña. Estas dos condiciones se traducen en un mayor rendimiento de la tobera de salida y en un mejor aprovechamiento del chorro propulsor.

Dimensionado de la directriz.

El dimensionado de la directriz, o álabes fijos de la turbina, es de la mayor importancia. Su sección mínima de paso nos fija las condiciones de entrada del gas en los álabes móviles, teniendo también influencia preponderante sobre las condiciones iniciales, o sea, sobre las que existen en la salida de las cámaras de combustión.

El problema general consistirá en dimensionarla correctamente, para que partiendo de los datos iniciales prefijados, P_1, T_1 y w_1, y con un gasto dado G, llegue el gas a los álabes móviles en las condiciones que nos sean más convenientes. Como puede verse, si la directriz se dimensiona basándose en sus magnitudes medias de la sección central, el problema es análogo al del cálculo de una tobera de expansión.

Es norma general dimensionar la directriz de las turbinas de pequeño grado de reacción para que en la sección mínima se produzca la velocidad del sonido, cuando en la sección inicial existen las condiciones prefijadas de presión y temperatura. En el punto medio de la altura de dicha sección y en función de las condiciones de remanso, tendríamos:

$$N_{M1c} = 1 \tag{26}$$

$$T_{2c} = \frac{2}{\gamma+1} T_o \tag{27}$$

$$P_{2c} = \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} P_o \tag{28}$$

$$\rho_{2c} = \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \rho_o \tag{29}$$

$$W_{2c} = \sqrt{g\ RT_{2c}} = \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma+1}\ gRT_o} \tag{30}$$

En función de las magnitudes medias en la sección central, se obtendrá para el área de la sección mínima de paso:

$$\sigma_m = \frac{G}{g} \frac{1}{W_{2c}\ \rho_{2c}} \tag{31}$$

En virtud de la fórmula del coseno, tendremos también como expresión de esta sección:

$$\sigma_m = 2\pi\ r_c\ h \cos \varphi_{3c} = 2\pi\ r_c\ h \cos \alpha_{2c} \tag{32}$$

La velocidad axil, prácticamente constante en su paso por los álabes móviles, viene dada por:

$$V_a = W_{2c} \cos \alpha_{2c} = V_{3c} \cos \varphi_{3c}$$

Conviene que la velocidad axil sea pequeña, para que la energía cinética residual en la turbina también lo sea, siendo más conveniente crearla posteriormente mediante la expansión del gas

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

en la tobera de salida. Como V_{3c} viene impuesta, para que V_a sea pequeña ha de tener $\cos \alpha_{3c}$ un valor reducido. Por otra parte, hay que tener en cuenta que el régimen de la turbina viene impuesto por el del compresor, y que la velocidad periférica conviene tomarla lo mayor posible, del orden de los 350-370 m/seg.; máximo compatible con la resistencia del rotor. Por tanto, el radio central r_c viene impuesto, y como la sección mínima σ_c también viene prefijada (fórmula 31), resulta de la fórmula (32), que al ser $\cos \varphi_{3c}$ pequeño habrá de ser mayor la altura de los álabes. Esto es un grave inconveniente desde el punto de vista de la resistencia mecánica de los álabes móviles, por lo cual, y para compensar estos factores opuestos, suelen tomarse valores de φ_{3c} comprendidos entre 60 y 70°.

Una vez determinados los valores de las variables en la sección central puede calcularse su variación radial mediante las ecuaciones de equilibrio.

En el caso de directriz tipo torbellino libre, tenemos:

$$V_a = \underline{cte}\ ;\ V_t\, r = V_{tc} \cdot r_c$$

y con las ecuaciones:

$$\frac{dP}{dr} = \rho \frac{V_t^2}{r}\ ;\ \frac{P}{\rho^\gamma} = \text{const.}^e$$

resulta:

$$\frac{P_2}{P_{2c}} = \left[1 - \frac{1}{2}\,\frac{\gamma-1}{\gamma}\,\frac{\rho_{2c}\,V_{tc}^2}{P_{2c}}\right] \times \left(\frac{r_c^2}{r^2} - 1\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad (33)$$

$$\frac{T_2}{T_{2c}} = 1 - \frac{1}{2}\,\frac{\gamma-1}{\gamma}\,\frac{\rho_{2c}\,V_{tc}^2}{P_{2c}}\left(\frac{r_c^2}{r^2} - 1\right) \quad (34)$$

$$N_{M2} = \sqrt{\frac{V_2^2}{\rho\,\gamma\,R T_2}} = \sqrt{\frac{V_2^2}{V_2^2 + \frac{\gamma-1}{2}\left(V_{2c}^2 - V_2^2\right)}} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{r-1}{2}\left(\frac{V_a^2 = V_{tc}^2}{V_a^2 + \frac{r_c^2}{r^2}\,V_{tc}^2} - 1\right)}} \quad (35)$$

En función de la temperatura inicial o de remanso T_o, pueden obtenerse las fórmulas, obteniéndose:

$$\frac{T_2}{T_{2c}} = \left(\frac{P_2}{P_{2c}}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = 1 -$$

$$- \frac{1}{4}\,\frac{(\gamma-1)(\gamma+1)}{g\,R T_o}\,V_{tc}^2\left(\frac{r_c^2}{r^2} - 1\right) \quad (36)$$

$$N_{M2} = \frac{1}{\sqrt{\frac{g\,\gamma\,R\,T_o}{V_a^2 + V_{tc}^2\,\frac{r_c^2}{r^2} - \frac{r-1}{2}}}} \quad (37)$$

Los cálculos efectuados por el método anterior pueden ser de suficiente exactitud para una estimación rápida de características, y para obtener resultados y comparaciones cualitativas. Ahora bien, como el cálculo de la directriz, y en especial el de su sección mínima, es de la mayor importancia, ya que fija todas las condiciones funcionales de la turbina, debe efectuarse con la mayor exactitud posible. Con el método que expondremos a continuación se planteará el problema general en dos dimensiones, y en vez de considerar primeramente la sección central se partirá de las condiciones en la raíz de los álabes, parte más peligrosa y primordial en ellos, fijando el valor máximo del número de Mach pue puede admi irse en dicha sección.

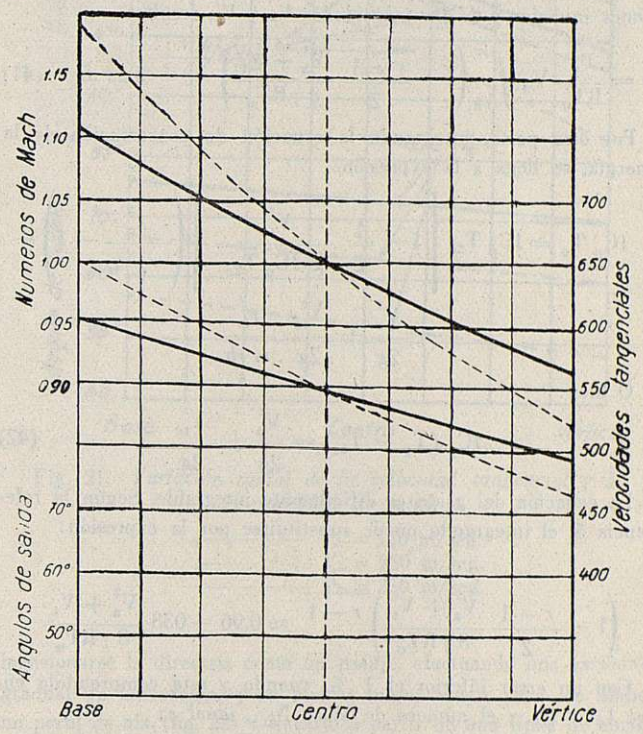


Fig. 18.—*Variación radial de los números de MACH, velocidades tangenciales y ángulos de salida en un álabe de torbellino libre.*

$V_a = 250$ m/seg. ———— $h/r_c = 1/5$
— — — — — $h/r_c = 1/3$

Aunque en la realidad existe, puede prescindirse de la variación tangencial de las magnitudes, reduciendo el problema de tridimensional a bidimensional. Cuando sea preciso elevar la exactitud hasta el máximo, deberá substituirse en las fórmulas que expondremos a continuación, el exponente isentrópico γ, por el politrópico n. Teniendo en cuenta que γ es igual a 1,33, y que el rendimiento politrópico es igual a 0,94, resulta para n un valor de 1,30. Asimismo, en las fórmulas del equilibrio radial puede introducirse el rendimiento politrópico, pero los errores que se cometen suponiendo las evoluciones isentrópicas no suelen pasar del 1 %.

En función de las condiciones iniciales, o punto de remanso p_o T_o, las ecuaciones generales que planteamos son las siguientes:

Ecuación de continuidad: $G = \int_{rb}^{rv} \rho_2\, g\, V_2\, 2\pi\, r\, dr$ (38)

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Ecuación de conservación de la energía:

$$JC_p\left(T_o - \frac{1}{r_v - r_b}\int_{rb}^{rv} T_2\, dr\right) = \frac{1}{r_v - r_b}\int_{rb}^{rv}\frac{V_2}{2g}\, dr \qquad (39)$$

Ecuación de la transformación adiabática.

$$\frac{P_2}{\rho_2^{\,r}} = \frac{P_o}{\rho_0^{\,r}} \qquad (40)$$

Además, disponemos de las ecuaciones del equilibrio radial en la sección de cálculo.

La ecuación de continuidad, puesta en función de las condiciones iniciales y de las velocidades V_a y V_t, resulta:

$$G = \frac{P_o}{RT_o} V_a \int_{rb}^{rv}\left(1 - \frac{r-1}{2}\frac{V_a^2 + V_t^2}{g\gamma RT_o}\right)^{\frac{1}{r-1}} 2\pi r\, dr \qquad (41)$$

Por otra parte, integrando la ecuación de conservación de la energía, se llega a la expresión:

$$JC_p\, T_o = JC_p\, T_{2c}\left[1 - \frac{1}{2}\frac{V_{tc}^2}{g\, JC_p\, T_{2c}}\right]\left(\frac{r_c^2}{r_v\, r_b} - 1\right) + \frac{V_a^2}{2g} + \frac{V_{tc}^2}{2g}\frac{r_c^2}{r_v\, r_b}$$

O bien:

$$JC_p\,(T_o - T_{2c}) = \frac{V_a^2}{2g} + \frac{V_{tc}^2}{2g} \qquad (42)$$

La ecuación del gasto es difícilmente integrable. Según la referencia 5, el integrando puede substituirse por la expresión:

$$\left(1 - \frac{r-1}{2}\frac{V_a^2 + V_t^2}{S\gamma RT_o}\right)^{\frac{1}{r-1}} \approx 0{,}96 - 038\,\frac{V_a^2 + V_t^2}{S\gamma RT_o}$$

Con un error inferior al 1 %, cuando γ está comprendida entre 1,3 y 1,4, y el número de Mach N_{m_1}, igual a:

$$N_{M_2}^2 = \frac{1}{\frac{g\gamma RT_o}{V_a^2 + V_t^2} - \frac{V-1}{2}} \qquad (43)$$

se limita entre los valores 0,5 y 1,2.

Integrando, se obtiene para el gasto:

$$G = \frac{P_o}{RT_o} V_a\left(r_v^2 - r_b^2\right)\left[0{,}96 - \frac{0.38}{g\gamma RT_o}\left(V_a^2 - V_{tc}^2\frac{rc^2}{r_v^2 - r_b^2}\log\frac{r_v^2}{r_b^2}\right)\right] \qquad (44)$$

Esta fórmula puede ponerse en función de la altura y del radio central, quedando:

$$G = 2\frac{P_o}{RT_o} V_a\, r_c^h\left[0{,}96 - \frac{0.38}{g\gamma RT_o}\left(V_a^2 - V_{tc}^2\frac{rc}{2h}\log\frac{\left(r_c + \frac{h}{2}\right)^2}{\left(r_c - \frac{h}{2}\right)^2}\right)\right] \qquad (45)$$

Como $V_{tc} = V_a \tan \alpha_{2c}$, resulta que, conocido el gasto y fijado el valor del radio central r_c, la fórmula anterior nos suministra una relación entre la altura h, la velocidad axil V_a, y el ángulo de salida α_{2c}. Otra relación la proporciona la fórmula (43), pues es norma general fijar un valor del número de Mach en la raíz igual a 1,2, valor máximo del que no debe sobrepasarse.

Resulta de dicha fórmula:

$$N_{M2b} = 1{,}2\,\frac{1}{\sqrt{\frac{g\gamma RT_o}{V_a^2(1 + \tan^2\alpha_{2b})} - \frac{r-1}{2}}} \qquad (46)$$

que proporciona una relación entre la velocidad axil y el ángulo de salida en la base.

Fijando la velocidad axil y la relación h/r_c, puede calcularse la variación radial del ángulo de salida, número de Mach y velocidad tangencial, con las expresiones:

$$\tan\alpha_{2r} - \tan\alpha_{2b}\frac{r_b}{r} - \tan\alpha_{2b}\frac{r_c - h/2}{r_c + \lambda h} = \tan\alpha_{2b}\,\frac{1 - \frac{h}{2r_c}}{1 + \lambda\frac{h}{c}} \qquad (47)$$

$$V_{tr} = V_a \tan\alpha_{2r}$$

$$N_{M2r} = \frac{1}{\sqrt{\frac{g\gamma RT_o}{V_a^2(1 + \tan^2\alpha_2)} - \frac{r-1}{2}}} \qquad (48)$$

En la fórmula (47), λ es el tanto por uno de altura contado a partir de la sección central; para la base, $\lambda = -\frac{1}{2}$, y para el vértice, $\lambda = +\frac{1}{2}$.

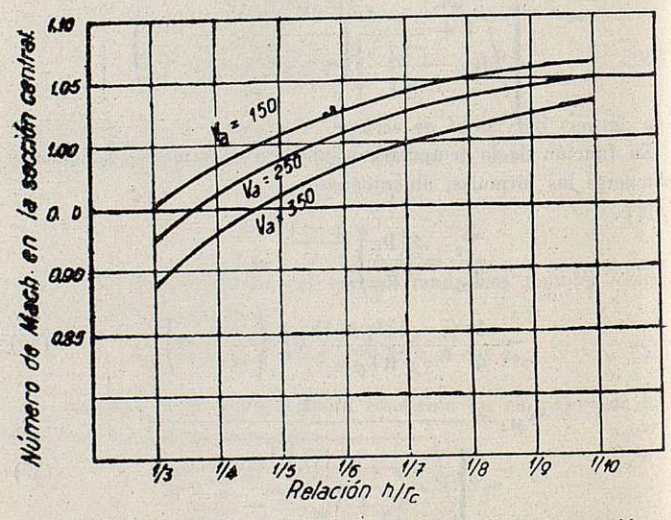


Fig. 19.—*Variación del número de MACH en la sección central en función de la velocidad axil y la relación h/r_c, para un valor constante de dicho número de MACH en la raíz igual a 1,20.*

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

En la figura 19 están calculados los números de Mach en la sección central correspondientes al valor de 1,2 en la raíz. Puede observarse que para relaciones normales h/r_c, del orden de 1/5 ó 1/6, y valores de la velocidad axil próximos a 250 m/seg, el número de Mach en la sección central es del orden de la unidad; justificándose de esta forma el valor $N_{M2c} = 1$ tomado en el cálculo aproximado.

En las figuras 20 y 21 están representadas las variaciones radiales de los números de Mach, velocidades tangenciales y ángulos de salida.

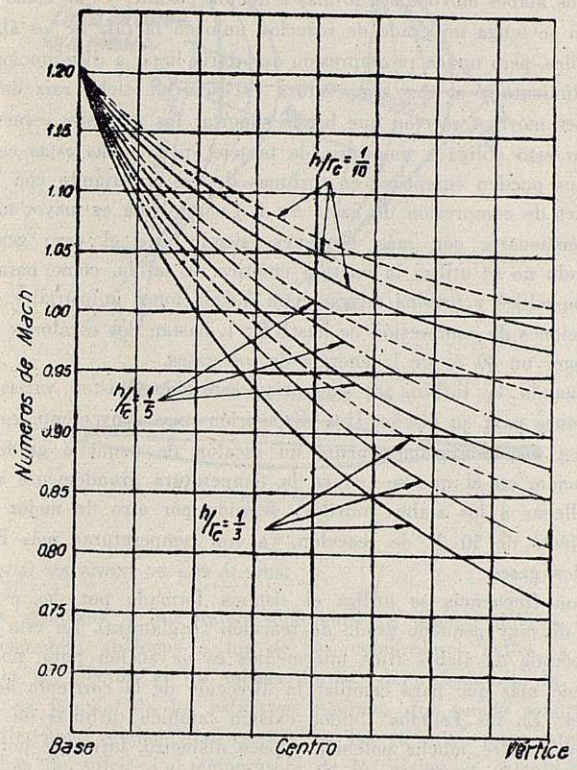


Fig. 20.—*Variación radial del número de MACH en un álabe tipo torbellino libre.*

———— V_a = 150 m/seg.
- —— - —— V_a = 250 m/seg.
— — — — V_a = 350 m/seg.

En resumen, habremos, pues, de fijar V_a, α_{2c}, h y r_c de manera que cumplan las ecuaciones (45) y (46), quedando siempre en libertad de fijar uno de los parámetros arbitrariamente, pues como ya hemos indicado y veremos también más adelante, el radio r_c ha de cumplir otras condiciones. El análisis de la influencia recíproca de la velocidad axil y altura de álabe ya se efectuó con el cálculo simplificado, siendo válidas las conclusiones que se obtuvieron, que coinciden con los que resultan con las fórmulas más exactas. En particular, resultan como más convenientes los valores del ángulo α_2 en la base próximos a 70°.

Una vez fijados los valores de estos parámetros fundamentales, el resto del cálculo de la directriz es inmediato. En las turbinas de pequeño grado de reacción la sección de entrada de los álabes fijos suele disponerse con un ángulo α_1 igual a cero grados y sin torsión alguna. Entre las secciones de entrada y salida puede di-

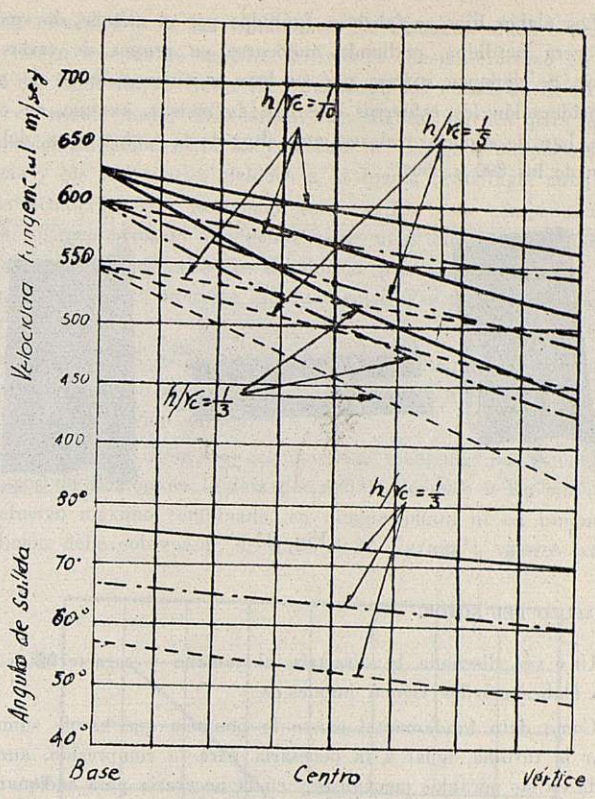


Fig. 21.—*Variación radial de la velocidad tangencial y de la velocidad de salid.*

———— V_a = 150 m/seg.
- —— - —— V_a = 250 m/seg.
— — — — V_a = 350 m/seg.

mensionarse la directriz como un pasaje, efectuando una variación gradual de la sección, pero resulta mejor elegir para los álabes un perfil de ala (fig. 22) y llevarlo a partir de una línea de curvatura media, circular o parabólica, calculada de acuerdo con los ángulos de entrada y salida.

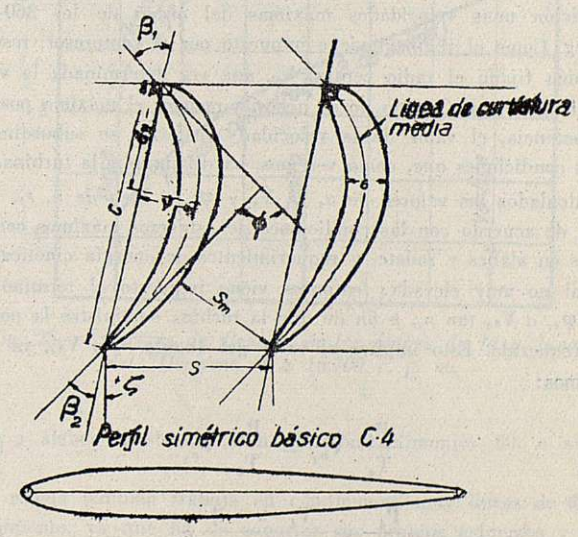


Fig. 22

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Los álabes fijos se fabrican fundidos por el método de «molde de cera perdido», pudiendo moldearse en grupos de varios de ellos. Se deponen sujetos por su base y vértice, siendo de poca consideración los esfuerzos que han de resistir, aunque, en cambio, han de soportar valores muy altos de la temperatura, del orden de los 800 y 850°.

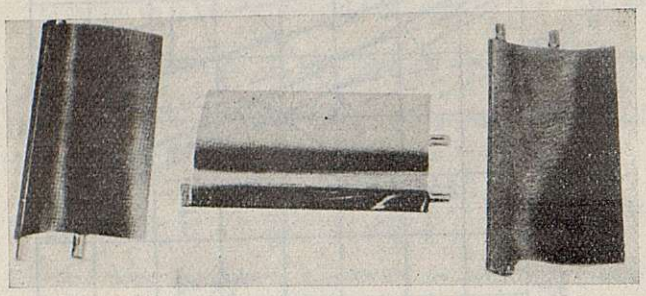


Fig. 23

CÁLCULO DEL ROTOR.

Una vez diseñada la directriz, el tamaño y características de los álabes móviles vienen impuestos.

Como dato fundamental existe la potencia que ha de suministrar la turbina, igual a la necesaria para la compresión, aumentada en las pérdidas mecánicas y en la necesaria para accionar los mecanismos auxiliares (ambas son insignificantes). En la ecuación fundamental:

$$P = \xi \frac{G}{g} u (V_3 \operatorname{sen} \varphi_3 - V_4 \operatorname{sen} \varphi_4) = \xi \frac{Gu}{g} \cdot$$

$$\cdot \left(V_{a_4} \tan \alpha_4 - V_{a_3} \tan \alpha_3 \right) \qquad (49)$$

conocemos el gasto en peso G, y debe estimarse el coeficiente de pérdidas intersticiales ($\xi \approx 0{,}95$). La velocidad periférica conviene tomarla de manera que se obtenga el máximo de potencia, si es que así se necesita (fórmula 10), valor que, por otra parte, viene limitado por los esfuerzos máximos del rodete, imponiendo esta condición unas velocidades máximas del orden de los 360-370 m/seg. Como el régimen viene impuesto por el compresor, resulta también fijado el radio central V_c, una vez determinada la velocidad periférica. Cuando no se necesita recoger el máximo posible de potencia, el valor de la velocidad periférica se subordina a otras condiciones que, como veremos, ha de cumplir la turbina.

Calculados los valores de u, r_c, V_3 y φ_3, o bien de u, r_c, V_{a_3} y α_3, de acuerdo con las condiciones de esfuerzos máximos centrífugos en álabes y rodete, y requerimientos de energía cinética residual no muy elevada; entonces viene impuesto el término $V_4 \operatorname{sen} \varphi_4$, o $V_{a_4} \tan \alpha_4$, a fin de que la turbina suministre la potencia requerida. Esto implica el valor del ángulo α_4 o V_{a_4}, ya que tenemos:

$$\frac{P_4}{T_4} V_{a_4} = \frac{P_3}{T_3} V_{a_3} \qquad (50)$$

$$\frac{P_4}{P_3} = \frac{T_4}{T_3} \frac{r-1}{r} \eta_{in} \qquad (51)$$

$$J c_p (T_3 - T_4) = \frac{w^2_4 - w^2_3}{2g} = \frac{1}{2g}$$

$$\left(\frac{V^2_{a_4}}{\cos^2 \alpha_4} - \frac{V^2_{a_3}}{\cos^2 \alpha_3} \right) \qquad (52)$$

Relacionándose con estas ecuaciones, y en función de los de entrada, el ángulo α_4 y la velocidad V_{a_4}.

Además de las condiciones mencionadas para la determinación de los cuatro parámetros fundamentales: u, r_c, V_3 y $\varphi_3 \equiv \alpha_2$; deben seleccionarse de manera que la velocidad tangencial de salida en los álabes móviles sea lo más reducida posible, y que como máximo se tenga un grado de reacción nulo en la raíz de los álabes móviles, pero nunca recompresión que daría lugar a disminución de rendimiento y a una temperatura excesiva en dicha raíz de los álabes móviles, sección que ha de soportar los máximos esfuerzos. Todo esto obliga a una serie de tanteos, pero todas estas condiciones pueden cumplirse en turbinas de gas trabajando con relaciones de compresión de hasta h : 1. Cuando ésta es mayor ha de dimensionarse con más escalones, siendo este el caso general cuando no se utiliza la energía cinética de salida, como para los turbo-hélices y turbina de gas para instalaciones industriales. Con relaciones de compresión de hasta 6 : 1, bastan dos escalones para recoger un 80 % de la energía de los gases.

Cuando la turbina es de varios escalones existen varias soluciones para su diseño. Una disposición muy conveniente consiste en disponer primeramente un escalón de pequeño grado de reacción, en el que se reduce la temperatura grandemente antes de llegar a los álabes móviles; seguido por otro de mejor rendimiento de 50 % de reacción, ya con temperaturas más bajas de los gases.

Con frecuencia se utiliza el sistema formado por dos escalones de muy pequeño grado de reacción (Inglaterra). En este caso la corona de álabes fijos intermedios es de acción pura, no sirviendo más que para cambiar la dirección de la corriente de los gases. En los Estados Unidos existen también turbinas de gran gasto de aire, mucha potencia y poco diámetro, formadas por dos escalones de 50 % de reacción.

En la fórmula (49) de la potencia y en las (51) y (52), no hemos hecho mención de en qué punto del álabe se tomaban las variables. Esto se debe a que en los álabes móviles tipo torbellino libre el trabajo periférico es constante para todos los radios, y en los de tipo de ángulo constante en la directriz, se torsionan los álabes móviles en su salida para que esto suceda.

Una vez fijados los valores de las variables en las secciones de entrada y salida, el cálculo de los álabes móviles es inmediato, bastando elegir un tipo de perfil y llevarlo sobre la línea de curvatura que se determine. La variación radial de todas las magnitudes viene impuesta, así como la altura del álabe. Sobre este último punto conviene advertir que puede tomarse una altura constante de los álabes, tanto para el estator como para el rotor, efectuándose entonces los cálculos en la forma indicada, o bien, ir aumentando progresivamente dichas alturas desde las secciones de entrada hasta las de salida (turbina de Rolls Royce Dart), y en este caso habremos de tomar la ecuación de continuidad para la velocidad axil, en la forma:

$$\sigma_a \rho V_a = \underline{cte.} \qquad (53)$$

No existe dificultad esencial para la elección de perfil en los

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

álabes móviles, pudiendo tomarse como de ala o dimensionarse como un pasaje. Ahora bien, en la práctica los álabes móviles se fabrican forjados y mecanizados, y, por tanto, es norma común subordinar su forma a esta última operación, diseñándolos a base de rectas y arcos de circunferencia (fig. 24).

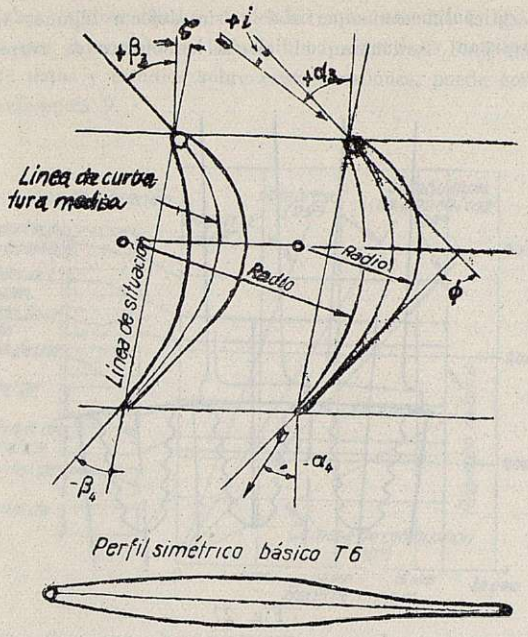


Fig. 24

CÁLCULO MECÁNICO DE LOS ÁLABES.

Los esfuerzos a que están sometidos los álabes móviles son por completo análogos a los de los compresores axiles, y su cálculo se efectúa en la misma forma, determinándose la entrada en función de los esfuerzos máximos que puede soportar. La diferencia fundamental estriba en las elevadas temperaturas que han de sufrir. La temperatura de los álabes se calcula con la expresión:

$$T_a = T_s + K_{2g} \frac{w^2}{J_{cp}} \qquad (54)$$

en la que T_a es la temperatura del álabe, T_s la temperatura estática del gas, w la velocidad relativa del gas respecto al álabe, y K una constante que depende de los números de Mach y Reynolds, pudiendo tomarse igual a 0,9 en los álabes de las turbinas.

Teniendo en cuenta estas altas temperaturas, ha de dimensionarse el álabe teniendo en cuenta la deformación en caliente o «creep»; fijándose el valor máximo admisible de esta deformación en el álabe, que será función de los esfuerzos y del número de horas de funcionamiento. Sobre esta cuestión volveremos a insistir en el párrafo siguiente.

Como norma general se dimensionan los álabes móviles con espesor del perfil variable, con valores del orden del 15 al 25 % en la raíz, y del 8-10 % en el vértice. También es frecuente en la práctica disminuir la cuerda desde la base hasta el vértice, disposición que si bien empeora las características aerodinámicas, mejora notablemente el álabe bajo el punto de vista de la resistencia mecánica y de las vibraciones. No obstante, muchas turbinas tienen sus álabes móviles de cuerda constante, como en el caso del Rolls Royce Nene. En cambio, en los álabes de la directriz es norma usual dimensionar los álabes móviles para que exista compensación entre los esfuerzos de flexión producidos por el gas y los secundarios debidos a la fuerza centrífuga, aunque, como acontecía para los compresores axiles, esta compensación total solamente puede producirse para unas ciertas condiciones del gas, ya que los esfuerzos de flexión principales dependen de dichas condiciones, mientras que las centrífugas no dependen más que del régimen.

En la figura 25 están representados los esfuerzos que se producen en un álabe compensado en condiciones normales al nivel del mar con el avión parado.

En general, el álabe se calcula para mantener los esfuerzos máximos de flexión en la raíz por debajo de unos 8 Kg/mm², y el esfuerzo máximo combinado, en ningún punto ni en ninguna condición debe sobrepasar de unos 20-22 Kg/mm²; valores referidos a álabes construídos con aleación «Nimonic» 80, o similares.

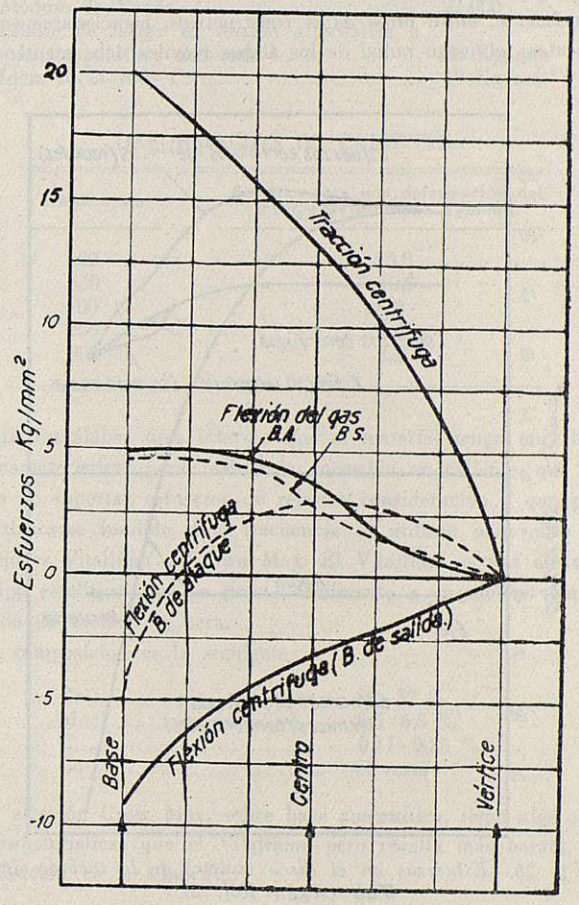


Fig. 25.—*Esfuerzos de flexión en los álabes de la turbina del "Derwent" I a 16.700 r. p. m.*

El rodete también trabaja en condiciones muy duras de funcionamiento, ya que ha de soportar sus propios esfuerzos y los que le llegan transmitidos por los álabes. Además, funciona so-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

metido a un fuerte gradiente de temperatura entre su periferia y su centro.

Pueden calcularse sus esfuerzos mediante la Teoría de la Elasticidad (ver, por ejemplo, Ref. 4), en los que se tiene en cuenta el efecto de dilatación que produce el gradiente de temperatura. La suma de los esfuerzos radiales debidas a la fuerza centrífuga y a las dilataciones térmicas se mantiene casi constante en los dos primeros tercios del radio, contado a partir del centro del rodete. Su valor máximo puede admitirse que sea de unos 20 Kg/mm^2. La suma de los esfuerzos tangenciales debidos a las fuerzas centrífugas y a las dilataciones varía muy rápidamente del centro a la periferia y cambiando de signo. Su gran valor máximo de tracción en dicha periferia, punto donde la temperatura es más elevada, y donde se fijan los álabes, ha sido la causa de muchos fallos y roturas producidos en turbinas.

Los álabes se sujetan al disco mediante ensambladuras especiales, unas 5 veces en forma de bulbo y con mayor frecuencia con el procedimiento denominado de «raíz en forma de copa de abeto» (fig. 27). Suele disponerse bastante holgura en frío, a fin de compensar las dilataciones.

Finalmente, entre otros datos constructivos, mencionaremos los siguientes: el juego radial de los álabes móviles debe mantenerse

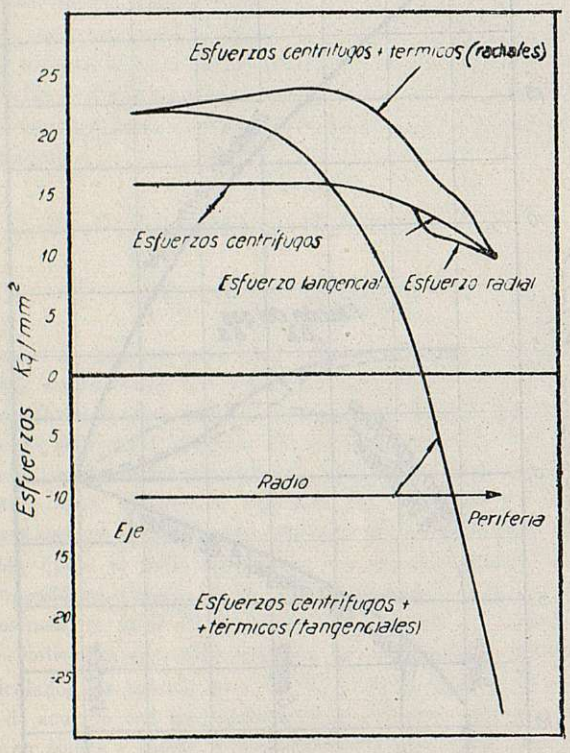


Fig. 26.—*Esfuerzos en el disco (rolete) de la turbina del Wab (según Ref. 2).*

inferior al 2 % de su altura, pues valores superiores aumentan considerablemente las pérdidas intersticiales. En cambio, el juego axil puede variar entre amplios límites, con valores variables comprendidos entre $\frac{1}{5}$ y 1/1 de la cuerda.

El espesor del borde de salida debe disminuirse lo más posible para evitar el efecto de estela, pero por resistencia de materiales y fenómenos de corrosión no puede construirse excesivamente delgado. Valores normales de este espesor son de 0,5 mm. en el vértice de los álabes y de poco más de 1 mm. en la raíz.

Los álabes se fabrican estampados y mecanizados en máquinas copiadoras. Es fundamental terminarlos con un grado perfecto de pulimento superficial y sin defecto alguno, a fin de que resistan en buenas condiciones los efectos de corrosión.

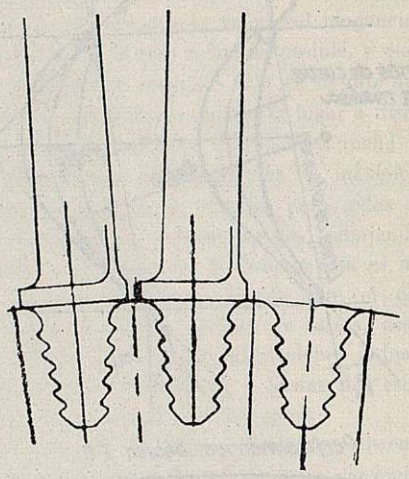


Fig. 27

VIBRACIONES.

Tanto en los álabes de los compresores axiles, y más aún en los de turbinas, es de gran importancia el estudio de las vibraciones naturales y forzadas que se producen en ellos. Para un álabe de sección constante puede calcularse su frecuencia natural de flexión por el método de Rayleigh, y deducir también los armónicos de la frecuencia fundamental. Ahora bien, en la práctica, la forma complicada de los álabes impide cualquier cálculo teórico aproximado de sus frecuencias propias de vibración. Por otra parte, además de la vibración fundamental de flexión se presentan varios otros tipos de ella: de torsión, compleja, de borde de salida, etc., etc. Esto lleva consigo que las frecuencias de cada tipo de vibración haya que determinarlas experimentalmente mediante vibradores, estudiándose también la influencia que ejerce en ellas la temperatura.

Las fuerzas periódicas aplicadas procedentes de los gases pueden tener diversos orígenes. Pueden señalarse las fluctuaciones de la presión de unas cámaras a otras, las debidas a las vibraciones transmitidas al aire por los álabes del compresor, y especialmente, los cambios de presión que han de soportar los álabes móviles durante su paso enfrente de los vanos y álabes del estator. Con estos datos se dibujan los diagramas de interferencia (fig. 28), debiendo diseñarse los álabes a fin de evitar la resonancia en los regímenes de trabajo.

El problemas de las vibraciones no está todavía completamente resuelto, faltando una mayor experimentación sobre el fenómeno. Como reglas generales, se indican que la disminución progresiva de la cuerda de los álabes mejora sus condiciones de resistencia a la vibración. Asimismo, el espesor mínimo del perfil en la

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

sección en el vértice viene limitado por estos efectos vibratorios, a los que deben añadirse para estas secciones delgadas el efecto «flutter» o de aleteo. También, y además de por las razones que se expusieron, el espesor del borde de salida viene limitado por su resistencia a la rotura por los fenómenos de vibración.

Los datos que se incluyeron de esfuerzos máximos admisibles en los álabes estaban fijados, teniendo en cuenta las fatigas alternativas que normalmente habrán de producirse. Para mayor número de datos y estudios sobre estas cuestiones, puede consultarse la referencia 9.

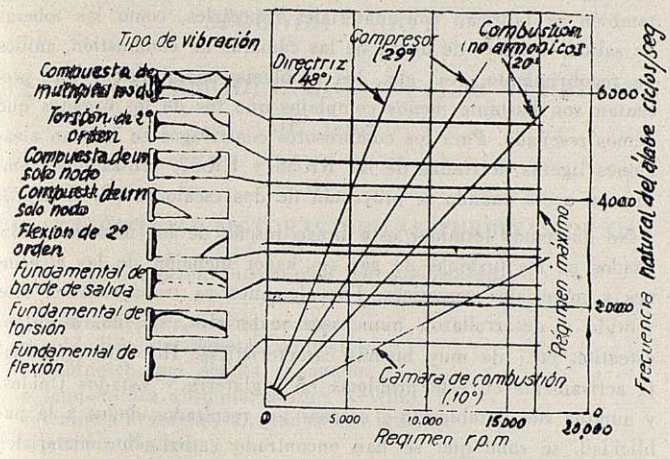


Fig. 28.—*Diagrama de interferencias en la turbina del W2/700 a 700° (según Reg. 9).*

MATERIALES

Problema de fundamental importancia y que ha ido siempre ligado con el desarrollo de las turbinas de gas es el de los materiales de algunos de sus componentes, especialmente para las cámaras de combustión, álabes y rodetes de las turbinas.

En los primeros proyectos de Whittle y en las turbinas de gas fabricadas en Alemania se había previsto una refrigeración intensa de los órganos sometidos a fuertes temperaturas, incluso por agua; lo que se traducía en una pérdida de rendimiento del motor. Poco a poco se han ido mejorando las calidades de los materiales, habiendo pasado las temperaturas capaces de soportar los álabes moviles de unos 550° con que se funcionaba antes de la guerra, hasta más de 760°. En el estudio termodinámico de las turbinas de gas, ya veremos la importancia esencial que presenta el ir incrementando las temperaturas de trabajo del motor.

Desde el año 1941 el progreso conseguido en los materiales especiales aptos para las turbinas de gas ha sido incesante, habiéndose aumentado la resistencia a la deformación en caliente cerca de diez veces, comparando las aleaciones ahora utilizadas con los mejores aceros ferríticos que entonces se empleaban.

A base de cromo, níquel, cobalto y otros muchos elementos, se han desarrollado multitud de aleaciones capaces de soportar las duras condiciones de trabajo que han de sufrir en las turbinas. Son bien conocidas las características y composiciones de las aleaciones Nimonic, Inconel, Timken, Vitallium, Jessop G18-B, Hastelly, Rex. Discaloy, etc., etc., determinados especialmente en Inglaterra y en los Estados Unidos.

La composición de ellos, según que se los destine a los tubos de llamas, directriz, álabes móviles y disco de la turbina, ha de ser diferente. Para los tubos de llamas interesa que el material pueda resistir muy altas temperaturas, del orden de los 2.000°, pero sin tener que soportar esfuerzos considerables, siendo también necesario que el material pueda soldarse con facilidad. Una aleación que se utiliza con la mayor frecuencia en la práctica para estos tubos de llamas es el Nimonic 75, del que a continuación insertamos su composición y características:

NIMONIC 75

C	0,08 - 0,12 %
Si	< 0,75 %
Mn	< 1,0 %
Fe	< 2,0 %
Ti	0,25 - 0,50 %
Cr	19 - 21 %
Ni	el resto

Carga de rotura	72 Kg/mm²
Límite de elasticidad	47 Kg/mm²
Módulo de Youns	21.000
Límite de fatiga en flexión alternativa a la temperatura ambiente	26 Kg/mm²
Idem íd. a 750° C.	19 Kg/mm²

DEFORMACIÓN EN CALIENTE

Temperatura	Esfuerzo para una deformación del 0,1 % a las 300 horas (Kg/mm²)
600	13,8
650	10,5
700	6,8
750	4,9
800	3,3

Para los álabes fijos interesa que el material tenga muy buenas características para resistir la corrosión en caliente, que sea capaz de soportar esfuerzos de relativa consideración y que pueda fabricarse fundido. Con frecuencia se utilizan para ellos las aleaciones Vitallium y Crown Max. El Vitallium es una aleación de tipo estelítico, que se presta fácilmente a su moldeo por el método de vaciado en cera.

Su composición es la siguiente:

Cr	28 - 32 %
Mo	5,5 - 6,5 %
C	0,11 - 0,25 %
Co	el resto

La aleación Crow Max, sobre base austenítica, tiene algo peores características que el Vitallium, pero resulta más barata. Su composición es la siguiente:

C	0,25 - 0,34 %
Si	1 - 2 %
Mn	< 1 %
Ni	10 - 14 %
Cr	20 - 25 %
W	2,5 - 3,5 %

Los álabes móviles de la turbina es la pieza que presenta condiciones de trabajo más duras, pudiendo considerarse por completo excepcionales. Han de soportar esfuerzo del orden de los

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

20 Kg/mm² (como una biela de un motor de explosión), temperaturas considerables, fatigas alternativas, choques térmicos y tener buenas características de forja y mecanizado.

Después de numerosos ensayos y de la utilización de numerosos materiales se ha llegado a la aleación Nimonic 80, realizada por la Mond Nickel Co., que reúne características excepcionales. Se compone de los elementos siguientes:

NIMONIC 80

C	0,1 %
Si	1 %
Mn	1 %
Al	1,5 %
Fe	5 %
Ti	1,8 - 2,7 %
Cr	19 - 22 %
Ni	el resto
S	0,02 %

El tratamiento térmico comprende un calentamiento hasta 1.050-1.080° C. durante 8 horas, seguida de su enfriamiento al aire. Después se somete a un revenido a 700° C. durante 16 horas. Sus características de resistencia en caliente se exponen en un cuadro que a continuación se inserta:

Esfuerzos en Kg/mm² para producir un alargamiento de:

Tiempo en horas	Temperatura en °C.	0,1 %	0,2 %	0,5 %	Rotura
100	600	46,5	50,5	52	52,7
	650	33	38,5	41,7	44,1
	700	26	30	32,3	34,6
	750	15,7	19,6	22,8	23,6
300	600	40,5	45,6	48,8	51,2
	650	30	34,6	38,5	40,2
	700	22	26	28,3	30
	750	12,6	15	18,1	20,5
1.000	600	34,6	39,4	44	46,5
	650	26	30,7	33,8	35,4
	700	17,3	21,2	23,6	25,2
	750	9,45	11	12,6	15

CARACTERÍSTICAS DE FATIGA

Esfuerzos, en Kg/mm², máximos para soportar $4{,}10^6$ ciclos en 300 h.

Temperatura °C	Esfuerzo	Temperatura °C	Esfuerzo
20	0 ± 34,7	650	25,2 ± 12,6
600	31,5 ± 21,2	650	0 + 28,8
600	0 ± 30	700	18,9 ± 12,6
650	22 ± 14,2	700	0 + 26,3

El disco de la turbina ha de soportar esfuerzos que pueden llegar a ser superiores a los de los álabes móviles, estando en cambio sometido a menores temperaturas. La aleación Jessop G18-B desarrollada para este propósito, tiene la siguiente composición:

C	0,4 %
Mn	0,8 %
Si	1 %
Ni	13 %
Cr	13 %
Mo	2 %
Nb +Ta	3 %
Co	10 %
W	25 %

Proporcionando también unas excelentes características de resistencia a los esfuerzos y a la deformación en caliente.

Aunque existen otros elementos de las turbinas de gas que también se fabrican con materiales especiales, como las toberas de salida, «cárter» de unión de las cámaras de combustión, anillos de recubrimiento, etc., etc., los problemas metalúrgicos que presentan son bastante menos complejos que los de los órganos que hemos reseñado. Para los compresores centrífugos se utilizan aleaciones ligeras derivadas de las RR-56 y RR-57, utilizándose también el acero cuando se proyectan de dos escalones (R. R. Dart).

No queremos terminar esta breve reseña de los materiales utilizados en las turbinas de gas sin hacer mención de las aleaciones y materiales cerámicos. Los alemanes ya trabajaron en este sentido y desarrollaron numerosos materiales, sicalita, ardostan, esteatita, etc., de muy buenas características. Hoy día se trabaja activamente en este problema en Inglaterra y Estados Unidos, y aunque son notablemente escasos los resultados dados a la publicidad, se sabe que se han encontrado actualmente materiales cerámicos con resistencias a la rotura por tracción del orden de los 25-30 Kg/mm² y sometidos a temperaturas de unos 1.000° C. El resistir en buenas condiciones el choque térmico, o cambios fuertes de temperatura al calentarse y enfriarse el motor, es uno de los problemas de más difícil solución en los materiales cerámicos, teniendo buenas características a este respecto los materiales a base de carburo silícico, carbono y hierro.

En los materiales formados a base de carburos, materiales cerámicos tales como el ZrO_2, A12 O_3, G10, y mezclas de limaduras metálicas con ellos, es en donde debe esperarse el mayor progreso en el desarrollo de las turbinas de gas, ya que las aleciones puramente metálicas están prácticamente casi en el límite de sus posibilidades, y todas las soluciones a base de refrigeración son siempre a costa del rendimiento del motor.

REFERENCIAS

ADOLF MEYER: *The Combustion Gas Turbine: Its History, Development, and Prospects.*—The Institution of Mechanical Engineers, Proceedings, vol. 141, núm. 3.

J. REEMAN: *The Turbine for the Simple Jet Propulsión Engine.*—The Institution of Mechanical Engineers, Proceedings, 1945, volumen 153.

D. G. AINLEY: *The Performance of Axial Flox Turbines.*—The Institution of Mechanical Engineers, Proceeding, 1948, vol. 159.

H. T. ADAMS: *Elements of Internal Combustion Turbine Theory.* Cambridge University Press, London, 1949.

F. W. GODSEY: *Gas Turbines for Aircraft.*—Mc. Graw-Hill Book, New York, 1949.

A. D. S. CARTER: *Three-dimensional-flow Theories for Axial-Compressors and Turbines.*—The Institution of Mechanical Engineers, Proceedings, 1948, vol. 159.

J. R. WESKE: *Fluid Dynamic Aspects of Axial-Flow Compressors and Turbines.*—Journal of the Aeronautical Sciences, vol. 14, 1947.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

T. A. KESTELL: *The Manufacture of Turbine Blades for the Whittle Engine.*—The Institution of Mechanical Engineers, noviembre, 1947.
R. G. VOYSEY: *Some Vibration Problems in Gas Turbine Engines.*—The Institution of Mechanical Engineers, Proceedings, 1945, vol. 153.
T. A. TAYLOR: *Reunt Developments in Materiales for Gas Turbines.*—The Institu ion of Mechanical Engineers, Proceedings, 1945, vol. 153.
M. MONDER: *La Metallurgie du Turbo-reacteur.*—Conferencia de la Hispano Suiza, 10 de marzo 1948.

SEGUNDA PARTE

ESTUDIO TERMODINÁMICO DE LAS TURBINAS DE GAS

III

CARACTERÍSTICAS MOTORAS DE LAS TURBINAS DE GAS

Notación introducida en este capítulo.

C = subíndice que denota compresión.
q = subíndice que denota combustión.
e = subíndice que denota expansión.
T = temperatura absoluta, grados Kelvin.
t = temperatura relativa, grados centígrados.
P = presión, Kg/m².
S = entropía.
C_p = calor específico a presión constante. Real/Kg. grado.
J = equivalente mecánica del calor, igual a 427 Kgm/Rcal.
γ = exponente de la evolución insentrópica de los gases.
W = velocidad de circulación de los gases.
r = relación aire/combustible en peso.
L = poder calorífico inferior del combustible. Rcal/Kg.
m = relación de presiones.
η = expresión general de rendimiento.
η_c = rendimiento de la compresión.
η_q = rendimiento de la combustión.
η_e = rendimiento de la expansión.
η_1 = rendimiento de la tobera de entrada.
η_2 = rendimiento del compresor.
η_3 = rendimiento de la turbina.
η_4 = rendimiento de la tobera de escape.
η_m = rendimiento mecánico.
η_t = rendimiento del ciclo teórico.
η_k = rendimiento de calidad.
η_r = rendimiento real del motor.
P = potencia.
C_e = consumo específico, en grs/C. V. hora.
β = relación entre la energía disponible y la necesaria para la compresión.

CICLO TEÓRICO

Estudiaremos un ciclo hipotético en el que no se tiene en cuenta la diferencia de gastos entre la compresión y expansión debida a la adición de combustible, considerando al aire como un gas perfecto.

Este ciclo se aproxima mucho al teórico porque la variación de los calores específicos es muy pequeña, debido a las altas temperaturas de funcionamiento.

Las figuras 1 y 2 representan el ciclo en los diagramas p-V y T-S.

Fase 0-a'. Depresión en la tobera de entrada.

La depresión y el enfriamiento del aire producidos por el compresor se obtienen de:

$$\frac{W_a^2}{2g} = J C_p (T_o - T'_a) ; \quad \frac{P'_a}{P_o} = \left(1 - \frac{W_a}{2 g J C_p T_o}\right)^{\frac{\alpha}{\alpha - 1}}$$

Siendo W_a = velocidad de aspiración.

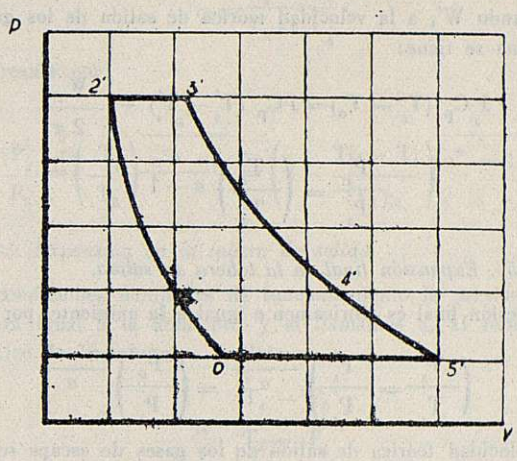


Fig. 1

$T_o - T'_a$ puede llegar a valer unos 9°, y la relación P'_a/P_o ser del orden de 0,9.

Esta fase no es preciso incluirla en la práctica, pues si bien el compresor aspira en depresión, también le llega el aire con una energía cinética $W^2_a/2g$, nacida a expensas de ella, que, posteriormente, se transforma en presión.

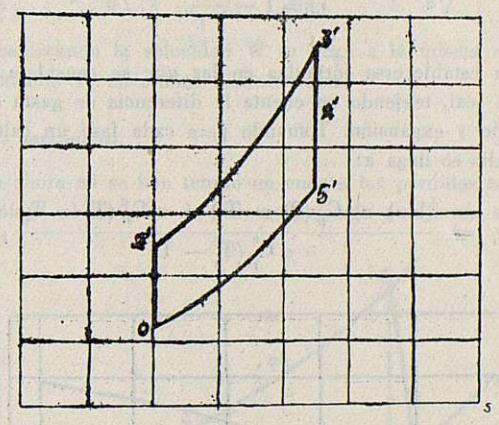


Fig. 2

Fase 0-2'. Compresión adiabática en el compresor.

Es preferible caracterizar un compresor por su trabajo de compresión por Kg. $\triangle T_c$ que por su relación de presiones m_o, ya que el primero sólo varía con el régimen, mientras que la segunda depende de las condiciones de presión y temperaturas iniciales del aire.

$$T'_2 = T_o + \triangle T_c ; \quad \frac{P'_2}{P_o} = \left(1 + \frac{\triangle T_c}{T_c}\right)^{\frac{\alpha}{\alpha - 1}} \qquad (1)$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Fase 2'-3'. Combustión a presión constante.

Suponiendo que no se producen cambios en la energía cinética de los gases, se tendrá:

$$P'_3 = P'_2 \; ; \; C_p\,(T'_3 - T'_2) = \frac{L}{\alpha} \qquad (2)$$

Fase 3'-4'. Expansión adiabática de la turbina.

Llamando W'_4 a la velocidad teórica de salida de los gases de la turbina se tiene:

$$J\,C_p\,(T_2 - T_o) = J\,C_p\,(T'_3 - T'_4) - \frac{W'^2_4}{2g}$$

$$\frac{P'_4}{P'_3} = \left(\frac{T'_4}{T'_3}\right)^{\frac{\alpha}{\alpha - 1}} \qquad (3)$$

Fase 4'-5'. Expansión final en la tobera de salida.

La presión final es teóricamente igual a la ambiente, por tanto:

$$\left(\frac{T_5}{T'_4} = \frac{P'_5}{P'_4}\right)^{\frac{\alpha - 1}{\alpha}} = \left(\frac{P_o}{P'_4}\right)^{\frac{\alpha - 1}{\alpha}} \qquad (4)$$

La velocidad teórica de salida de los gases de escape se determina con:

$$\frac{W'^2}{2g} = J\,C_p\,(T'_4 - T'_5) + \frac{W'^2_4}{2g} \qquad (5)$$

Rendimiento del ciclo teórico.

Vendrá dado por:

$$\eta_{it} = 1 - \frac{T_o}{T'_2} \qquad (6)$$

Pueden establecerse fórmulas en las que se considera al aire como gas real, teniendo en cuenta la diferencia de gasto entre la compresión y expansión. Tomando para cada fase un calor específico medio se llega a:

$$\eta_i = \frac{(1+\alpha)\,C^e_p\,(T'_3 - T'_5) - \alpha\,C^e_p\,(T'_2 - T_o}{\alpha\,C^o_p\,(T'_3 - T_2} \; ; \qquad (7)$$

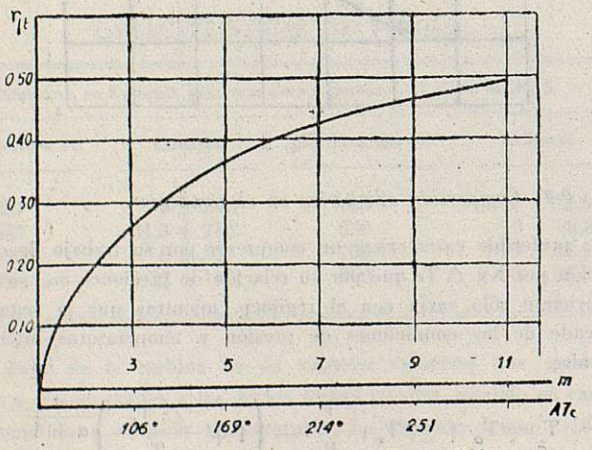


Fig. 3.—*Curva* $\eta_t = f\,(m)\;T_o = 288$

Haciendo aplicación de ambos ciclos a un motor de tipo normal se obtienen diferencias que no sobrepasan el 2 %, pero puede presentarse el caso de un motor funcionando con temperaturas muy elevadas, o con gran diferencia de gastos entre la compresión y expansión, y entonces se cometerían errores considerables, considerando las simplificaciones señaladas.

En la figura 3, obtenida de (6), se ve que η_t es una función creciente de la relación de presiones m_o que tiene como asíntota la recta $\eta_t = 1$.

Ciclo real de funcionamiento

En este estudio, el factor fundamental que hemos de determinar es el rendimiento, ya que a él se referirán muchas de las características del motor. No habría inconveniente en establecer una fórmula que nos diese su valor en función de diversos coeficientes que representasen las distintas clases de pérdidas, pero siempre existiría la indeterminación de los valores estimados incrementada esta inexactitud con los errores de las teorías experimentales de cálculo y de las condiciones exteriores que hay que admitir. Por todo esto no son útiles fórmulas complicadas en las que se tengan en cuenta pérdidas que, probablemente, ni siquiera las acusen los instrumentos de medida, por ser los errores de éstos superiores a ellas. Por tanto, se introducen simplificaciones, procurando establecer una fórmula lo más sencilla posible en función de pocos parámetros y de manejo cómodo.

Al describir las fases del ciclo iremos destacando sucesivamente las simplificaciones que se adoptan. Una común a todos, será la de no considerar las pérdidas de calor por las paredes, insignificantes en estos motores prácticamente desprovistos de refrigeración.

Aunque ya vimos en el estudio del ciclo teórico la poca influencia de la variación de los calores específicos y de la diferencia de gastos entre la compresión y expansión, se insertarán primeramente los cálculos teniendo en cuenta estos efectos, por las razones que allí se señalaron y porque en la estimación de rendimientos y temperaturas en las fases de expansión pueden cometerse errores de alguna consideración al adoptar la hipótesis de gas perfecto. Los cálculos del ciclo se harán tomando valores medios de los calores específicos en cada una de las fases, teniendo conocimiento de los mismos por la estimación de la temperatura de funcionamiento.

Consideraremos lo que pudiera llamarse un motor de tipo normal, dejando para más adelante el estudio de los recuperadores de calor y del efecto de introducir una fase de combustión posterior a la expansión en la turbina.

Por último, indicaremos que, para facilitar los cálculos, se referirán las temperaturas reales del motor a otras teóricas de igual presión, indicándose estas últimas acentuadas a fin de diferenciarlas fácilmente.

Fase 0-a. Depresión en la tobera de entrada.

Evidentemente se tendrá:

$$\frac{W_a^2}{n\,2\,g} = J\,C_p\,(T_o - T_a)$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

y el rendimiento de la tobera de entrada:

$$\eta_1 = \frac{T_o - T'_a}{T_o - T'_a}$$

con lo que:

$$\frac{P_a}{P_o} = \frac{P'_a}{P_o} = \left(\frac{T'_a}{T_o}\right)^{\frac{\alpha}{\alpha - 1}} = \left(1 + \frac{W_a^2}{2g\,J\,C_p\,T_o\,\eta_1}\right)^{\frac{\alpha}{\alpha - 1}}$$

Para η_1 pueden tomarse valores comprendidos entre 0,85 y 0,95, correspondiendo los mayores a motores con compresor centrífugo de una sola cara activa y con la tobera orientada en el sentido del movimiento.

Ahora bien, análogamente a lo que dijimos en el estudio del ciclo teórico, esta fase no es preciso tenerla en cuenta.

Fase 0-2. Compresión del aire en el compresor.

Para definir el compresor tomaremos un rendimiento adiabático η_2 y un incremento de temperatura teórico ΔT_c necesario para conseguir la relación de presiones m_o. Este último parámetro no dependerá más que del régimen, ya que el incremento real de temperatura sólo depende de él y admitiremos para η_2 la misma condición. En resumen, tendremos:

$$\eta_2 = \frac{T'_2 - T_o}{T_2 - T_o};$$

$$T_2 = T_o + \frac{\Delta T_o}{\eta_2}\frac{P_2}{P_o} = \left(\frac{T'_2}{T_o}\right)^{\frac{\alpha^c}{\alpha^c - 1}} = \left(1 + \frac{T_c}{T_c}\right)^{\frac{\alpha^c}{\alpha^c - 1}} \quad (8)$$

Fase 2-3. Combustión.

En realidad se produce una pequeña caída de presión del orden de los 0,2 a 0,3 Kg/cm², pero se supondrá que la combustión se realiza a presión constante. Además, se producen pérdidas debidas a fenómenos de disociación y por combustión incompleta que se traducen en una menor elevación de temperaturas. El diseño de las cámaras con vistas a evitar los efectos de combustión retardada proporcionan un rendimiento de la combustión η_q muy elevado, del orden de 0,98. Se tendrá:

$$T_3 - T_2 = \eta_q \frac{L}{(1 + r)\,C_p^q} \quad (9)$$

Fase 3-4. Expansión en la turbina.

Con las hipótesis hechas en la fase anterior no hay variación de la energía cinéticas en las cámaras de combustión; por tanto:

$$J\,C_p\,(T_2 - T_o) = \left[J\,C_p^e\,(T_3 - T_4) - \frac{W_4^2}{2g}\right]\frac{1 + r}{r}$$

Despreciando el término $\frac{W_4^2}{2g}\,\frac{1+r}{r}$ se tiene T_4, con un error del 4 %, pero esto lo podemos aceptar, ya que en el cálculo de T_5 y W_5, que son los que realmente interesan en el estudio del ciclo, el error es mucho menos. Se tendrá, pues:

$$C_p^c\,(T_a - T_o) = \frac{1 + r}{r}\,C_p^e\,(T_6 - T_4) \quad (10)$$

El rendimiento η_3 de la turbina vendrá dado por:

$$\eta_3 = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T'_4}$$

y la presión por:

$$\frac{P_4}{P_3} = \frac{P'_4}{P_3} = \left(\frac{T'_4}{T_3}\right)^{\frac{\alpha^e}{\alpha^e - 1}} = \left(1 - \frac{T_3 - T_4}{T_3\,\eta_3}\right)^{\frac{\alpha^e}{\alpha^e - 1}} \quad (11)$$

Fase 4-5. Expansión en la tobera de salida.

En condiciones nominales de funcionamiento la presión de salida será igual a la ambiente, y si llamamos η_4 al rendimiento adiabático de la tobera se tendrá:

$$\eta_4 = \frac{T_4 - T_5}{T_4 - T'_5};$$

$$T_5 = T_4\left\{1 - \eta_4\left[1 - \left(\frac{P_o}{P_4}\right)^{\frac{\alpha^e - 1}{\alpha^e}}\right]\right\} \quad (12)$$

La velocidad de salida de los gases de escape se obtiene de:

$$\frac{W^2}{2g} = J\,C_p^c\,(T_3 - T_5) - J\,C_p^c\,(T - T_o)\frac{\alpha}{\alpha + 1} \quad (12)$$

Y considerando la velocidad W se llega a la misma expresión, pero teniendo T_5 en ambas distinto valor.

Pérdidas mecánicas.

Hasta ahora no se han tenido en cuenta las pérdidas mecánicas. Las debidas al arrastre de los mecanismos auxiliares son insig-

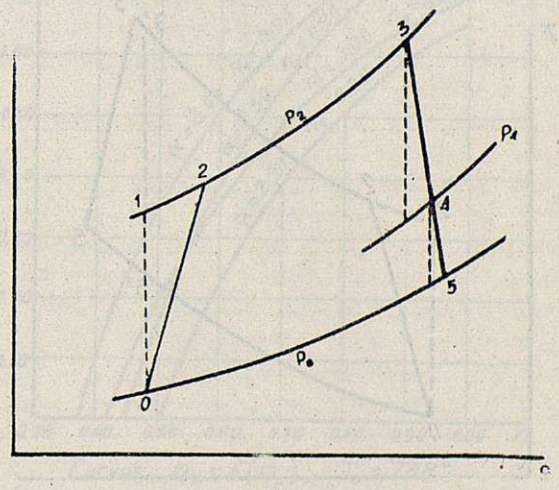


Fig. 4.—*Ciclo real del motor.*

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

nificantes, inferiores al 1,5 % de la energía absorbida por el compresor y las debidas a rozamientos en los cojinetes son también de escasa consideración. Por tanto, el rendimiento mecánico η_m es prácticamente igual a la unidad. Sin embargo, cuando quiera tenerse en cuenta hay que introducirle como factor en el segundo miembro de (10), viniendo afectadas las fórmulas siguientes de la expansión por la variación experimentada por T_4. En particular, para la velocidad de salida de los gases tendremos:

$$\frac{W^2}{2g} = J\,C_{p'}^{e}\left(T_3 - T_5\right) - J\,C_p^c\left(T_2 - T_o\right)\frac{\alpha}{\eta_m\,(\alpha+1)} \qquad (14)$$

En la figura 4 puede verse trazado el ciclo que acabamos de estudiar.

RENDIMIENTO DEL CICLO.

Para el rendimiento se llega a la expresión:

$$\eta_r = \frac{\dfrac{1+r}{r}\,C_p^c\left(T_3 - T_1\right) - \dfrac{1}{\eta_m}\,C_p^c\left(T_2 - T_o\right)}{C_p^q\left(T_3 \quad T_2\right)\dfrac{1+r}{r}}\,\eta_q \qquad (15)$$

Los parámetros que se han introducido en el estudio del ciclo pueden clasificarse de la siguiente manera:

a) Parámetros fundamentales de funcionamiento de los que dependen esencialmente las características del motor: ΔT_o, L y r, o bien m_o, L y r.

b) Parámetros que indican la mayor o menor perfección lograda en el motor: η_1, η_2, η_3, η_4, η_q y η_m.

c) Parámetros que fijan las condiciones exteriores: T_o.

La fórmula (15) da muy buena aproximación, pero analizar la influencia que ejerce cada uno de los parámetros fundamentales resultaría muy complicado. Por ello, se establece una fórmula mucho más sencilla y que da también muy buena aproximación, con el único inconveniente de perder generalidad, ya que se calcula para turbo-reactores de características normales y, por esta razón, en algunos estudios teóricos habrá que utilizarla con ciertas limitaciones. Para llegar a ésta se hacen las simplificaciones siguientes:

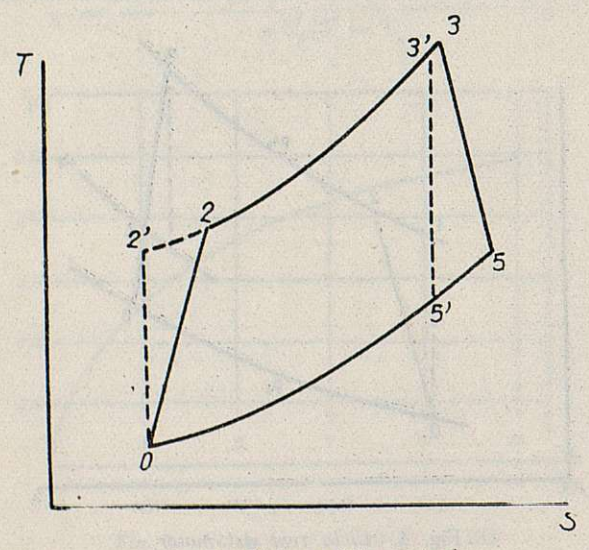


Fig. 5.—*Ciclos teórico y real*

En el ciclo se evoluciona aire puro comportándose como un gas perfecto, sin tener en cuenta las modificaciones que introduce en sus propiedades el combustible quemado ni la diferencia de gastos entre la compresión y expansión. Es decir, que:

$$C_p^c = C_p^n = C_p^g = C_p$$

$$\alpha^c = \alpha^e = \alpha$$

$$1 + r = r$$

Con estas simplificaciones se desarrolla el cálculo de las distintas fases del ciclo, refiriendo dicho cálculo a un ciclo teórico caracterizado por tener igual presión de combustión, análogos valores para L y r y las mismas condiciones exteriores que las del ciclo real que estamos considerando. Tal ciclo sería el 0-2'-3'-5' de la figura 5, en la que 0-2-3-5 es el real, aunque también se considera $T_3 = T'_3$, lo que se refleja en una disminución en el rendimiento del orden del 2-3 % que sirve, para motores de tipo normal, para compensar los errores introducidos por las simplificaciones anteriores y obtener muy buenas aproximaciones.

De este modo, se obtiene para el rendimiento:

$$\eta_r = \eta_t\,\eta_k \qquad (16)$$

Siendo η_t el rendimiento del ciclo teórico y η_k un factor que llamaremos rendimiento de calidad, ya que indica el grado de perfeccionamiento alcanzado por el motor y cuyo valor es:

$$\eta_k = \frac{\alpha\,\eta_{t'} - \dfrac{1}{\eta_2}}{\alpha - 1} \qquad (17)$$

Siendo:

$$\alpha = 1 + \frac{L}{r\,C_p\left(T_o + \Delta\,T_e\right)}$$

y η_e el rendimiento de la expansión definido de la manera siguiente:

$$\eta_e = \frac{T_3 - T_5}{T'_3 - T'_5}$$

llegándose a:

$$\eta_e = \frac{\eta_3 + \mu\,\eta_4}{1+\mu} \qquad \text{donde: } \mu = \alpha\,\eta_2\,\eta_3 - 1$$

Aplicación.

Con el fin de comprobar la exactitud que proporcionan las teorías que acabamos de desarrollar, vamos a hacer aplicación a un motor conocido y compararemos los resultados con los datos verdaderos.

Fijémonos en el turbo-reactor Rolls Royce «Derwent V», del que destacamos los siguientes datos (todos ellos a régimen nominal y en condiciones estáticas del nivel del mar):

L = 10.310 Kcal/Kg.; r = 60; W = 550 m/sg.

Condiciones exteriores	T_o = 288º. P_o = 1,03 Kg/cm²
Entrada en las cámaras de combustión ...	T_2 = 480º. P_2 = 4,33 Kg/cm²
Entrada en la directriz de la turbina	T_3 = 1.110º. P_3 = 4,08 Kg/cm²
Salida de la turbina	T_4 = 885º. P_4 = 1,41 Kg/cm²

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Sección final de la tobera de salida ... ... $T_5 = 823^o$.
$P_5 = 1{,}03$ Kg/cm^2
Rendimiento verdadero ... ... $\eta_r = 0{,}21$.
Rendimiento del compresor ... ... $\eta_2 = 0{,}76$.
Rendimiento de la turbina ... ... $\eta_3 = 0.87$.
Rendimiento de la tobera de escape ... ... $\eta_4 = 0{,}96$.

Realizando los cálculos con las fórmulas sin simplificar y simplificadas, se obtiene el siguiente cuadro comparativo de los datos más importantes del ciclo:

	T_o	T_2	T_3	T_5	η_r
Datos reales del motor	288º	480º	1.110º	823º	0,21
Resultados obtenidos con las fórmulas sin simplificar	288º	480º	1.112º	810º	0,22
Resultados obtenidos con las fórmulas simplificadas	288º	480º	1.146º	796º	0,223

Como puede observarse, tanto con las fórmulas completas como con las simplificadas, se obtiene muy buena aproximación, siendo para los rendimientos prácticamente la misma en ambas.

En los estudios que haremos a continuación utilizaremos exclusivamente las fórmulas simplificadas, con las que perdiéndose muy poca exactitud, resultan los cálculos extremadamente sencillos. Lo que sí debe tenerse en cuenta es que las fórmulas simplificadas se obtienen para motores que tengan buenos rendimientos orgánicos, relaciones aire/combustibles iguales o superiores a 50 ó 60 y relaciones de compresión de tipo normal comprendidas entre 4 y 6. Si las características del ciclo en estudio fuesen en algún aspecto muy diferentes de las citadas, podrían cometerse errores de bastante importancia, pero, en realidad, todos los motores modernos tienen sus características comprendidas entre las mencionadas.

Análisis del rendimiento. Influencia que ejercen en él los de la comprensión y expansión.

Los cálculos se harán tomando η_2 o η_e como variables independientes, mientras los demás se mantienen constantes. Haremos uso de la fórmula:

$$\eta_r = \frac{\alpha\,\eta_e - \dfrac{1}{\eta_2}}{\alpha - 1} = \eta_t\,\eta_k$$

Como η_t no depende más que de las temperaturas teóricas, podremos considerar simplemente el estudio de las funciones $\eta_k = f(\eta_e)$ y $\eta_k = f(\eta_2)$, cuya representación gráfica puede verse en las figuras 6 y 7.

Siendo $\dfrac{\alpha}{\alpha - 1}$ la pendiente de la recta $\eta_k = f(\eta_e)$; y, $\dfrac{1}{\eta_2^2\,(\alpha - 1)}$, la de la hipérbole $\eta_k = f(\eta_2)$, y teniendo en cuenta que los valores de α difieren poco de 2,6, la primera será mayor que la segunda cuando $\eta_2 > \dfrac{1}{\sqrt{\alpha}} \simeq 0{,}62$.

Por tanto, las variaciones de η_e ejercen mayor influencia en η_k que las de η_2. Solamente no ocurrirá esto para motores funcionando con muy elevadas relaciones aire/combustible, que darán valores muy bajos para α.

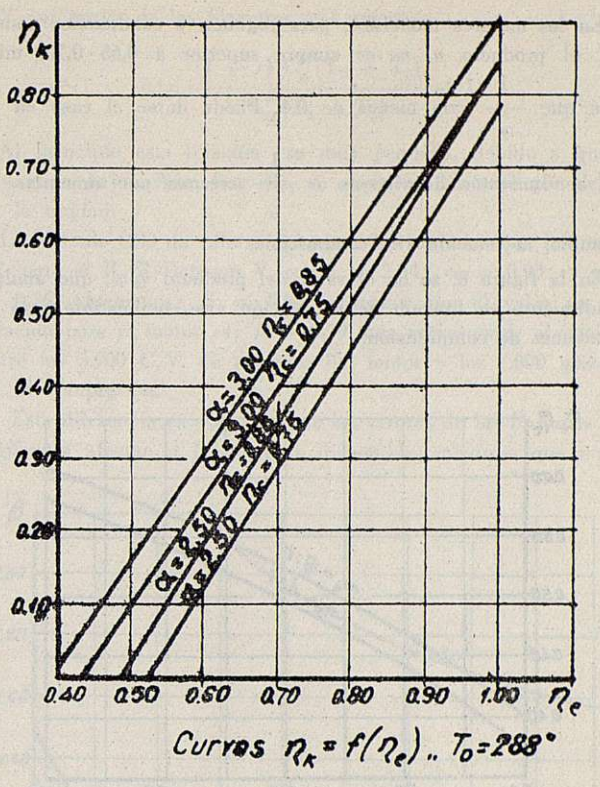


Fig. 6

La condición para que se anule el rendimiento es evidentemente:

$$\eta_2\,\eta_e = \frac{1}{\alpha} \qquad (18)$$

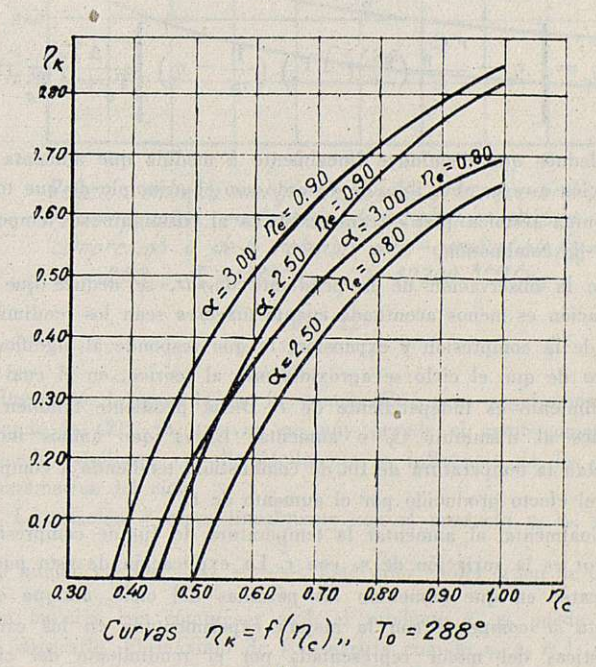


Fig. 7

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

En los motores modernos, para régimen y condiciones nominales, el producto $\eta_2\ \eta_e$ es simpre superior a 0,65 - 0,70, mientras que $\frac{1}{\alpha}$ vale menos de 0,4. Puede darse el caso en que los rendimientos disminuyan o $\frac{1}{\alpha}$ crezcan por aumentar, por ejemplo, la relación aire/combustible.

En la figura 8, se da el valor del producto $\eta_2\ \eta_e$, que anula el rendimiento en función de la relación aire/combustible para dos relaciones de comprensión.

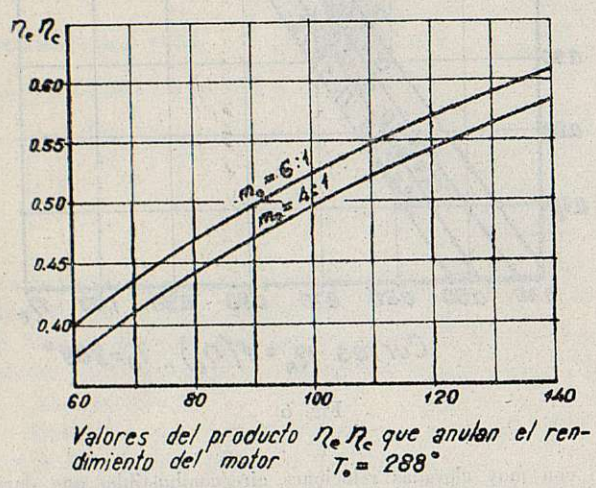


Fig. 8

VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO CON RELACIÓN AIRE/COMBUSTIBLE.

La puesta del rendimiento en la forma:

$$\eta_r = \left[\eta_e - \frac{r\ C_p}{L} \left(T_o + \Delta T_c \right) \left(\frac{1}{\eta_2} - \eta_e \right) \right] \frac{\Delta T_c}{T_o + \Delta T_c} \quad (19)$$

se deduce que disminuye linealmente a medida que aumenta la relación aire/combustible, de acuerdo con el principio de que toda máquina térmica pierde características al disminuir su temperatura de combustión.

De la observación de la pendiente $d\eta_r/dr$, se deduce que la variación es menos acentuada cuanto mayores sean los rendimientos de la compresión y expansión, lo que responde al significado físico de que el ciclo se aproxima más al teórico, en el cual su rendimiento es independiente de r. Dicha pendiente también se reduce al disminuir C_p o aumentar L, ya que ambos incrementan la temperatura de fin de combustión, tendiendo a compensar el efecto producido por el aumento de r.

Finalmente, al aumentar la temperatura de fin de compresión, mayor es la variación de η_r con r. La explicación de esto puede buscarse en que aumentan las pérdidas del ciclo, aunque este efecto se compense con la mejora experimentada en las características del motor representada por el rendimiento del ciclo teórico. De este modo, aunque se gane rendimiento, el ciclo se aparta más del teórico y ejercerán en él mayor influencia las variaciones de r.

La figura 9 representa la función $\eta_r = f\ (r)$, para valores normales de los parámetros.

De lo expuesto se deduce que es conveniente que la relación aire/combustible sea la menor posible, pero hay que tener en

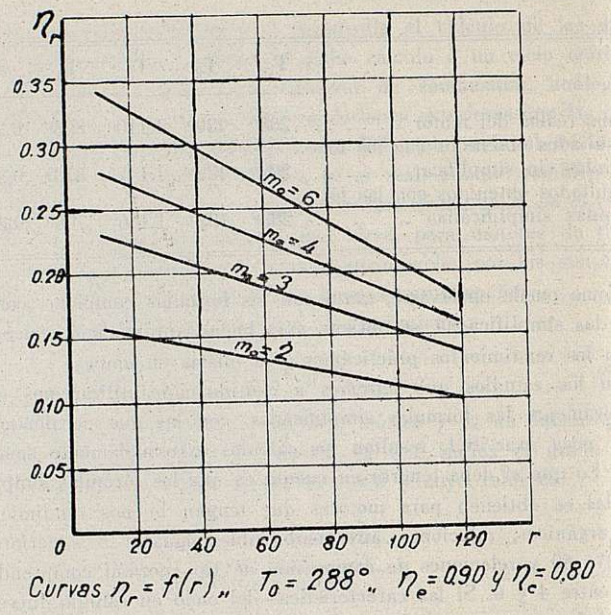


Fig. 9

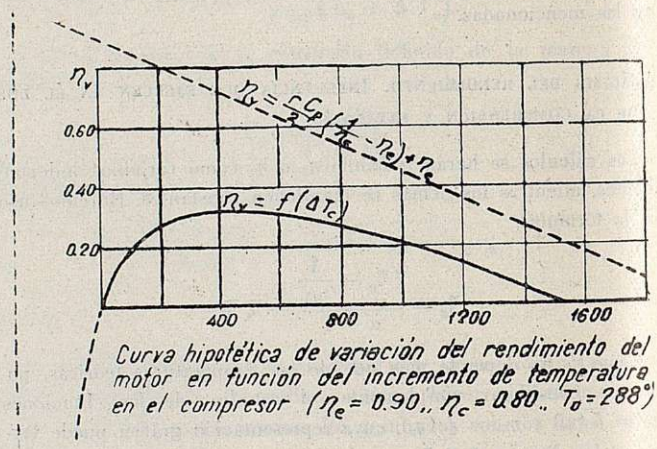


Fig. 10

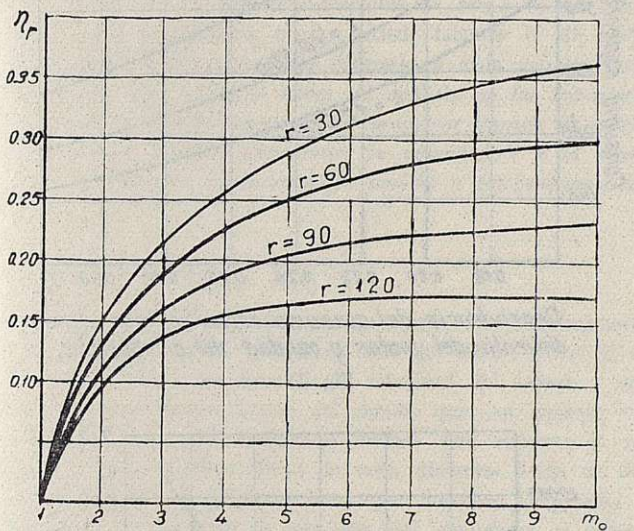
cuenta la cuestión metalúrgica que impone un límite superior a la temperatura de fin de combustión, o un límite inferior a dicha relación. Para los materiales de que se dispone hoy día para la fabricación de los álabes de la turbina puede cifrarse en unos 850 - 875° C, la temperatura máxima admisible en la admisión de la directriz, lo que impone un valor de la relación aire/combustible del orden de 60, para relaciones de compresión y tipos de combustible normales empleados.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Influencia en el rendimiento de la relación de compresión.

El rendimiento de calidad disminuye al aumentar ΔT_c, mientras que el rendimiento del ciclo teórico aumenta. El producto representado por (19) es una función hiperbólica de ΔT_c. Su representación puede verse en la figura 10. No puede aspirarse a que el motor funcione en el máximo de la curva, porque esto ocurre para valores de ΔT_c del orden de los 400°, correspondiendo a relaciones de compresión superiores a 20, inalcanzables en la práctica. Por otra parte, al dibujar las curvas a mayor escala (fig. 11), se ve que, a partir de relaciones de compresión de 6 a 7, las curvas se vuelven muy tendidas, y para aumentar un poco el rendimiento tendríamos que incrementar enormemente la potencia invertida en la compresión.

No debe esperarse, pues, que las relaciones de compresión empleadas en los motores aumentan indefinidamente, y más teniendo en cuenta que se empeora la relación potencia disponible/potencia gastada en la compresión, como veremos a continuación. Unicamente podrían mejorarse estos efectos aumentando los rendimientos del compresor y turbina, pues entonces las curvas $\eta_r = f(m_o)$ son cada vez menos tendidas, el máximo se aleja y nos aproximamos a la curva límite del ciclo teórico, curva creciente indefinidamente.



Curvas $\eta_r = f(m_o, r)$, para $\eta_c = 0.90$,, $\eta_c = 0.80$,, $T_o = 288°$

Fig. 11

Relación potencia disponible/potencia gastada en la compresión.

Esta relación, de gran importancia, puesto que de ella depende esencialmente el peso por C. V. del motor. Se expresa por:

$$\beta = \frac{(T_3 - T_5) - (T_2 - T_o)}{T_2 - T_o} \qquad (20)$$

Utilizando las fórmulas simplificadas, resulta:

$$\beta = \alpha\, \eta_2\, \eta_e - 1 = \left(1 + \frac{L}{r\, C_p \left(T_o + \Delta T_c\right)}\right) \eta_2 \eta_e - 1 \qquad (21)$$

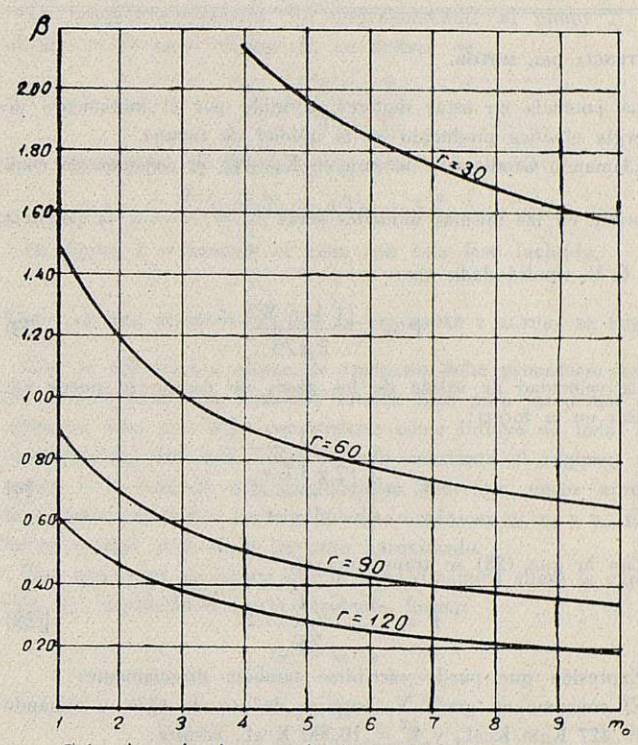
Y por medio de las fórmulas más exactas:

$$\beta = \frac{(1 + r)\, C_p^e\, (T_3 - T_5)}{r\, C_p^c\, (T_2 - T_3)} - 1 \qquad (22)$$

Al principio esta relación era muy pequeña, debido a que η_2 y η_e eran bajos. Aún, hoy día, se mantiene bastante por debajo de la unidad.

La fórmula (21) da valores un poco más elevados que los reales. así, para el R-R Derwent V, con $\alpha = 2{,}64$; $\eta_e = 0{,}93$; y $\eta_2 = 0{,}76$, obtenemos: $\beta = 0{,}86$, mientras que el valor de esta relación para el motor es: $\beta = 0{,}79$, que corresponde al cociente entre los 5.900 C. V. de potencia del motor y los 7.000 gastados en la compresión.

Esta diferencia es debida a que los errores de las fórmulas simplificadas afectan a la potencia disponible, mientras que no influyen en la gastada en la compresión, pero seguiremos utilizando la (21), ya que no es muy grande el error cometido y puede estudiarse en ella fácilmente la influencia de los demás parámetros del ciclo.



Relación entre la energía disponible y la necesaria para la compresión, en función de la relación estática de compresión y de la relación aire-combustible ($\eta_c = 0.90$,, $\eta_e = 0.80$,, $T_o = 288°$,, $L = 10300$ kcal/kg

Fig. 12

La relación β crece linealmente con el producto $\eta_2\, \eta_e$, y será la unidad cuando $\eta_2\, \eta_e = \frac{2}{\alpha}$. Este valor es del orden de 0,75, y en motores con compresor axil, el producto $\eta_2\, \eta_e$ puede llegar a superarle. El máximo de β ocurriría cuando $\eta_2\, \eta_e = 1$, siendo $\beta = \alpha - 1$ del orden de 1,65.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Tanto el aumento de la relación aire/combustible como el de ΔT_c disminuyen β.

En la figura 12 se representa la función $\beta = f(\Delta T_c)$ graduadas las abscisas en valores de m_o.

A continuación damos los valores que se alcanzan para β en algunos motores:

Nacionalidad	MOTOR	β
Inglaterra	Rolls Royce Dervent V	0,790
	Rolls Royce Nene	0,810
	De Havilland Goblin II	0,716
	De Havilland Ghots	0,953
EE. UU.	Allison-Ceco - 400	0,893
Alemania	Jumo 004 - 02	0,737
	B. M. W. 003	0,710

POTENCIA DEL MOTOR.

La potencia en estos motores se mide por el incremento de energía cinética producido en la unidad de tiempo.

Llamando G al gasto de aire en Kg/seg., el consumo de combustible en las mismas unidades será: $C = \frac{G}{r}$, y la potencia en C. V. vendrá dada por:

$$P = C \frac{(1+r)\,W^2}{2\,g\,75} \qquad (23)$$

La velocidad de salida de los gases de escape se puede expresar en la forma:

$$W = \sqrt{\frac{2\,g\,J\,L\,\eta_{ir}}{1+r}} \qquad (24)$$

Con lo que (23) se transforma en:

$$P = \frac{J \cdot C \cdot L \cdot \eta_{ir}}{75} \qquad (25)$$

Expresión que puede escribirse también directamente:

El consumo en grs/C. V. hora se deduce de (25), y tomando J = 427 Kgm/Kcal., y L = 10.300 Kcal., resulta:

$$C_e = \frac{61{,}5}{\eta_{ir}} \qquad (26)$$

La figura 13 representa esta función para diferentes valores del poder calorífico interior del combustible.

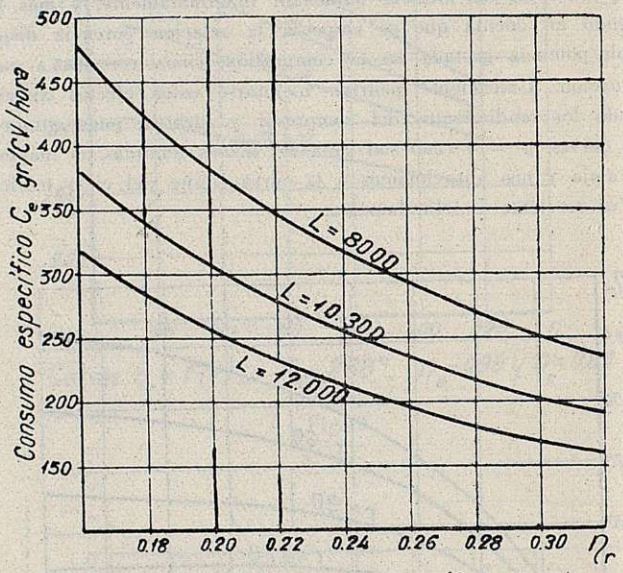
La relación peso/potencia alcanza valores extraordinariamente reducidos en estos motores, inferiores a 0,10 Kg/C. V., mucho más bajos que los obtenidos hasta la fecha en los motores de cilindros, como se ve en los datos que damos a continuación sobre motores de ambos tipos.

La figura 14 representa la variación de la relación peso/potencia y de la potencia motora con la velocidad del motor de avión Rolls Royce Nene.

Como ya hemos dicho, con objeto de comparar los valores que la relación peso/potencia toma en estos motores con los que se obtienen en los de cilindros, damos los siguientes datos tomados de los más modernos motores de cilindros:

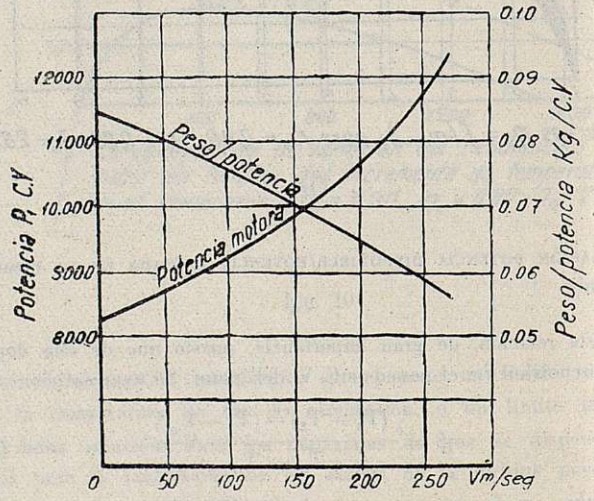
Tipo	MOTOR	Peso/potencia
Cilindros	Pratt & Whitney Double Wasp CA 15	0,503
	Pratt & Whitney Wasp Major TBS 3 - G	0,586
	Pratt & Whitney Wasp Major VSB 11 - G	0,606
	Rolls Royce Eagle	0,500
	Rolls Royce Nene	0,0[illegible]0
	De Havilland Goblin II	0,1[illegible]8
Compresor	De Havilland Ghost	0,11[illegible]
	Allison Ceco - 400	0,104
Turbina	Jumo 004 - 02	0,275
	B. M. W. 003	0,243

Estos datos san sido obtenidos, para los dos tipos de motores, en condiciones de máxima potencia al nivel del mar.



Dependencia del consumo específico con el rendimiento del motor y calidad del combustible.

Fig. 13



Variación de la potencia y de la relación peso/potencia en el Rolls-Royce Nene

Fig. 14

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

IV

CARACTERÍSTICAS PROPULSORAS DE LAS TURBINAS DE GAS

Notación introducida en este capítulo

V — Velocidad de avance del avión, en m/seg.
a — altura sobre el nivel del mar, en mts.
G_o — gasto de aire al nivel del mar y velocidad nula, Kg/seg.
C_{va} — gasto de aire a altura a y velocidad V, Kg/seg.
r_{va} — relación aire/combustible a altura a y velocidad V.
G_o — consumo de combustible al nivel del mar y velocidad nula, Kg/seg.
C_{va} — consumo de combustible a altura a y velocidad V, Kg/seg.
E — empuje, Kg.
E_c — empuje específico, Kg. Kg/seg.
η_p — rendimiento de la propulsión.
η_g — rendimiento global.

Estudiaremos en este capítulo la aplicación del grupo compresor-turbina con sistema propulsor. Esta propulsión puede realizarse de dos maneras, aprovechando la energía cinética de los gases después de la primera expansión en la turbina, como ocurre en los turbo-reactor, o acoplando un propulsor (hélice), que funciona mediante la energía remanente del grupo compresor-turbina, que es lo que se realiza en las turbo-hélices.

Por el carácter de los turbo-reactores de ser a la vez tanto motores como propulsores, pueden existir factores (y de hecho existen) que afecten en sentido contrario a cada una de estas funciones, y será necesario hacer un análisis de las subordinaciones que el funcionamiento como propulsor impone al motor.

Aparecen dos nuevos parámetros, la velocidad V y la altura a, que modifica las condiciones de presión y temperaturas ambientes.

Toma dinámica de aire

La toma dinámica de aire que presentan los turbo-reactores es de gran importancia, ya que el ciclo del motor, y con él su rendimiento, van a depender de la velocidad del avance y con ellos todas las características del motor, que, en general, experimentarán una gran mejora a medida que aumenta la velocidad de avance. Este efecto de toma dinámica actúa de dos maneras diferentes; primero, hace que aumente la presión y temperatura del aire en la admisión del compresor, y, segundo, debido al aumento de densidad experimentado se incrementa el gasto máximo de aire, aunque el motor funcione a régimen constante. El primer efecto influye sobre el comportamiento termodinámico y rendimiento del motor. En cambio, en las características del empuje, aunque tienen influencia los dos, es de mayor importancia el segundo.

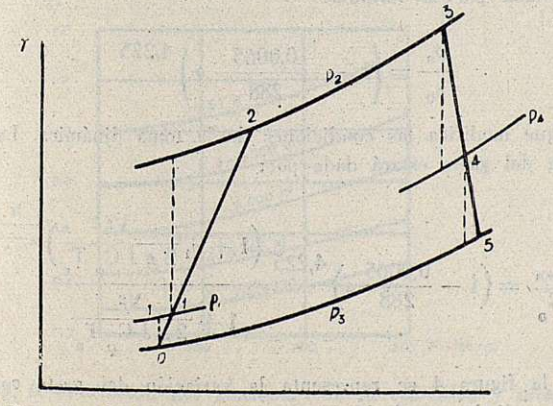


Fig. 1.—*Ciclo real del motor con toma dinámica.*

En el ciclo hay que introducir una modificación estudiando la fase (0-1) de toma dinámica. Para ello, se considera un punto ficticio —1— definido por el total amortiguamiento de la energía cinética del aire, sin tener en cuenta la velocidad de entrada en el compresor. Con esto se comete un pequeño error, ya que el rendimiento de la toma dinámica afectará a una mayor energía de la fase de compresión, pero este efecto es por completo despreciable. Se tendrá, por tanto:

$$\Delta T_d = T_1 - T_o = \frac{V^2}{2\,g\,J\,(c_p)} \qquad (1)$$

La temperatura teórica T_1' correspondiente al punto 1' indicado en el ciclo (figura 1), se deduce de:

$$\eta_{t1} = \frac{T'_1 - T_o}{T_1 - T_o} \qquad (2)$$

y la temperatura de fin de compresión será ahora:

$$T_2 = T_o + \Delta T_d + \Delta T_c$$

La figura 1 representa el ciclo con esta fase incluída.

Variación del rendimiento con la velocidad y altura de vuelo

Con la velocidad y altura de vuelo no debe procederse como en cálculos anteriores, tomando valores fijos para los demás parámetros, sino que debe considerarse cómo influye en todas las características del ciclo. Manteniendo constante el régimen del motor y la relación aire/combustible, podremos tomar aproximadamente constantes los rendimientos orgánicos η_2, η_3 y η_4. Esto no es exacto, pero sí lo bastante aproximado.

Hay que tener en cuenta que la toma dinámica altera la expresión del rendimiento en la siguiente forma:

$$\eta_r = \eta_t\,\eta_{ik} \qquad (3)$$

$$\eta_{ik} = \frac{\alpha\,\eta_e - \dfrac{1}{\eta_c}}{\alpha - 1} \qquad (4)$$

Siendo:

$$\alpha = 1 + \frac{L}{r\,C_p\,(T_o + \Delta T_d + \Delta T_c)}$$

$$\lambda = \frac{\Delta T_d}{\Delta T_c}$$

rendimiento de la compresión:

$$\eta_{ic} = \frac{\eta_c\,(1+\lambda)}{1 + \lambda\,\eta_c}$$

$$\mu = \alpha\,\eta_c\,\eta_3\,(1+\lambda) - 1$$

rendimiento de la expansión:

$$\eta_e = \frac{\eta_3 + \mu\,\eta_4}{1+\mu}$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

La velocidad ejerce su influencia por intermedio de $\triangle T_d$, y la altura de vuelo por la temperatura ambiente T_o. En el efecto de la altura no tendremos en cuenta el aumento del número de Mach, que produce una disminución del rendimiento del com-

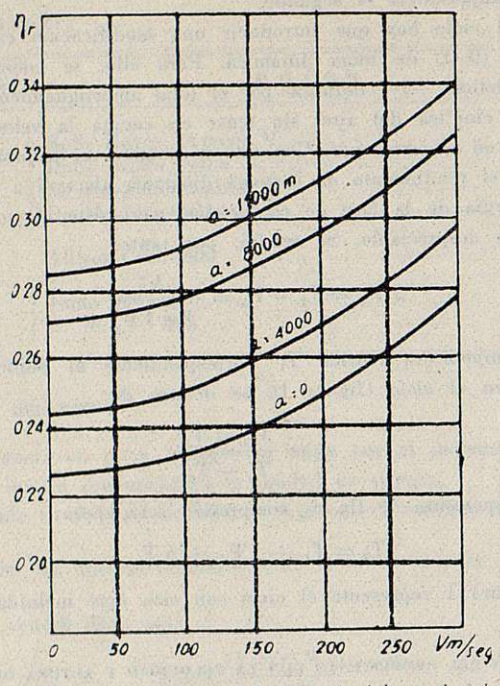


Fig. 2.—*Variación del rendimiento del ciclo real del motor con la velocidad para diferentes alturas.*

presor, ni la disminución que se produce en algunos turbo-reactores del rendimiento de la combustión. Estos efectos se estudian en capítulo respectivo, prescindiendo de ellos en estos cálculos simplificadores.

La figura 2 representa unas curvas típicamente de variación del rendimiento con la velocidad a diversas alturas. Como puede observarse en ellas, el rendimiento del motor mejora no-

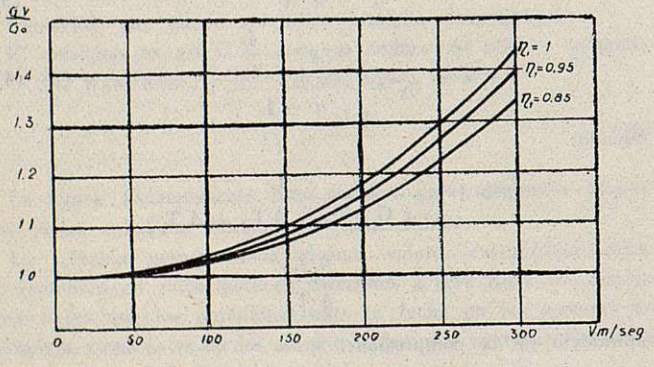


Fig. 3.—*Variación del gasto con la velocidad* (a = o, T_o 228°).

tablemente por el efecto combinado de la velocidad y altura de vuelo. Esta es una de las características más importantes de los turbo-reactores, manifestándose este efecto beneficioso, no solamente en las características motoras, sino también en las globales del sistema moto-propulsor.

Variación del gasto de aire con la velocidad y altura de vuelo

Variación con la velocidad.

A régimen constante, el gasto másico de aire del motor es proporcional a la densidad del gas en la admisión del compresor. El rendimiento de la toma dinámica tiene una gran influencia apreciable en las variaciones del gasto de aire, por lo que se le tiene en cuenta en todos los cálculos.

Siendo G_o el gasto en las condiciones ambientes, P_o y T_o y G_v en las condiciones P_1 y T_1 debidas a la toma dinámica producida por la velocidad V. La variación del gasto viene dada por:

$$\frac{G_v}{G_o} = \frac{\left(1 + \eta_{i1} \frac{V^2}{2\,g\,J\,C_p\,T_o}\right)^{\frac{\alpha}{\alpha - 1}}}{1 + \frac{V^2}{2\,g\,J\,C_p\,T_o}} \qquad (5)$$

función creciente de la velocidad por ser $\frac{\alpha}{\alpha - 1} > 1$, y que puede verse representada en la figura 3.

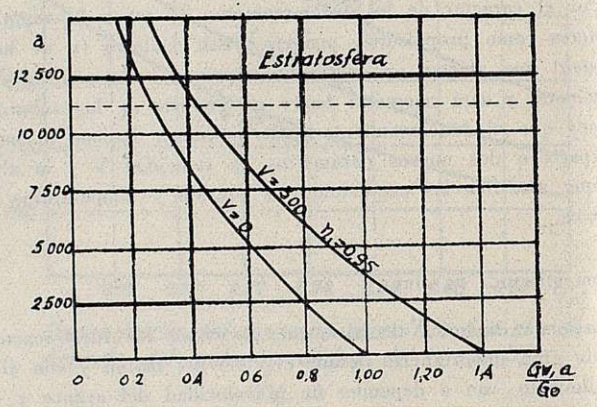


Fig. 4.—*Variación del gasto con la altura para dos velocidades.*

Influencia de la altura.

La altura influye por dos causas; por la variación de densidad dada por la fórmula:

$$\frac{\rho_a}{\rho_o} = \left(1 - \frac{0{,}0065}{288}\,a\right)^{4{,}225} \qquad (6)$$

y porque modifica las condiciones de la toma dinámica. La variación del gasto estará dada por:

$$\frac{G_{va}}{G_o} = \left(1 - \frac{0{,}0065}{288}\,a\right)^{4{,}225} \frac{\left(1 + \eta_{i1} \frac{V^2}{2\,g\,J\,C_p\,T_a}\right)^{\frac{\alpha}{\alpha - 1}}}{1 + \frac{V^2}{2\,g\,J\,C_p\,T_a}} \qquad (7)$$

En la figura 4 se representa la variación del gasto con la altura a distintas velocidades.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Variación del consumo de combustible con la velocidad y altura de vuelo

Bastará conocer la variación del gasto de aire y de la relación aire/combustible, puesto que:

$$\frac{C_{va}}{G_o} = \frac{C_{va}}{C_o} \cdot \frac{1}{\frac{r_{va}}{r_o}} \qquad (8)$$

La primera se acaba de hallar, y en cuanto a la segunda, se deduce de la necesidad de que la temperatura T_3 de combustión permanezca constante con la velocidad y altura de vuelo para un régimen fijo, para que la potencia en la turbina sea proporcional al gasto de aire, y de esta forma haya equilibrio con el compresor (como se justificará debidamente más adelante).

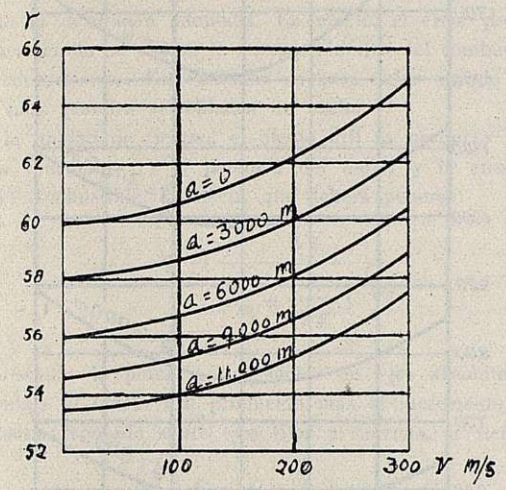


Fig. 5.—*Variación de la relación aire/combustible con la velocidad a distintas alturas.*

El valor de la relación aire/combustible se deduce, pues, de la expresión:

$$T_3 = T_o + \Delta T_d + \frac{\Delta T_c}{\eta_2} + \eta_q \frac{L}{(1+r)\,C_p^q} = \text{constante} \qquad (9)$$

y en la figura 5 se ha representado la función $r = f(v, a)$

Conocidas $\frac{G_{va}}{G_o}$ y $\frac{r_{va}}{r_o}$, se ha representado en la figura 6, la variación del consumo en Kg/seg. con la velocidad a distintas alturas.

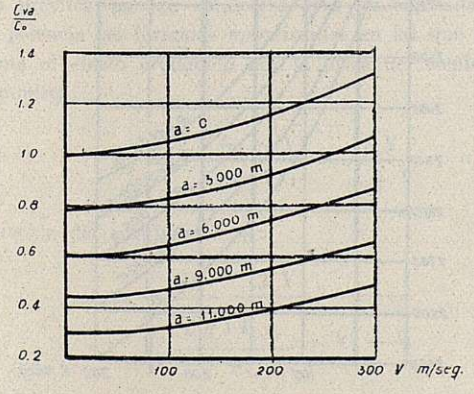


Fig. 6.—*Variación del consumo con la velocidad y altura de vuelo.*

El consumo C_e en grs/C. V. hora, es inversamente proporcional al rendimiento, como vimos en el capítulo anterior y su variación con la velocidad y altura puede verse en la figura núm. 7.

Cálculo de empuje

En el estudio de las características propulsoras es donde se advierte claramente la diferencia específica entre un turbo-reactor y un motor de cilindros. Sería absurdo hablar del empuje producido por este último; factor que corresponde exclusivamente a la hélice, mientras que en los turbo-reactores es su magnitud más característica, indicando con esto su propiedad fundamental de comportarse como motor y como propulsor, a la vez.

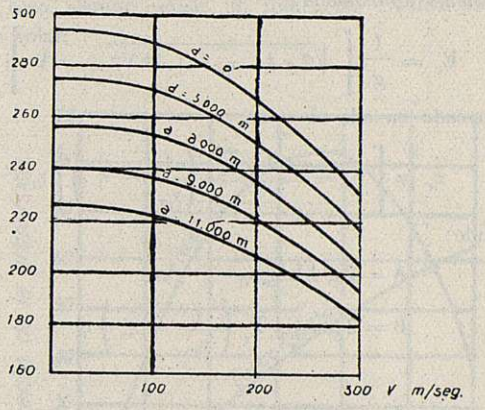


Fig. 7.—*Variación del consumo en grs./CV. hora con la velocidad y altura de vuelo.*

Expresando que el empuje es igual a la variación, en la unidad de tiempo, de la cantidad de movimiento entre el aire que entra en el motor y los gases de escape, se llega fácilmente a la expresión:

$$E = \frac{C_{va}}{g}\left[\sqrt{(2\,g\,J\,L\,\eta_r + r\,V^2)(1+r)} - r\,V\right] \qquad (10)$$

Variación del empuje con la velocidad y altura de vuelo.

Puesto que ya hemos establecido la variación con la velocidad y altura de la relación aire/combustible, consumo y rendimiento, conoceremos la variación del empuje con dichos parámetros. Se obtienen curvas como las que se representan en a figura 8.

Empuje específico

Un grupo motopropulsor es un sistema destinado a producir un efecto útil, el empuje, consumiendo energía, la del combustible. Por tanto, este sistema será óptimo cuando el empuje específico por kilogramo de combustible:

$$E_c = \frac{E}{C}$$

sea máximo. Los valores más convenientes de este empuje específico son los que decidirán, en la mayoría de los casos, sobre si un determinado factor es perjudicial o beneficioso para el turbo-reactor. Por ejemplo, para un motor de tamaño dado el empuje aumenta indefinidamente con la velocidad de salida de los gases de escape, pero puede haber casos en que no convenga

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

sobrepasar un cierto límite para esta velocidad, si el aumento de empuje obtenido se efectuase a costa de una disminución del específico.

Influencia de la velocidad y altura de vuelo.

Puesto que nos es conocida la variación del empuje y del consumo se obtendrá inmediatamente la del consumo específico. La figura 9 representa su forma típica de variación.

VALOR ÓPTIMO DE LA RELACIÓN AIRE-COMBUSTIBLE

Dicho valor óptimo será el que haga que el empuje específico sea máximo. Como solamente intervendrán en el problema velocidades de orden normal, se puede tomar para E_o el valor que de la fórmula aproximada:

$$E_c = \frac{1}{g}\left[\sqrt{2\,g\,J\,L\,\eta_{ir}\,r + r^2\,V^2} - r\,V\right] \qquad (11)$$

y sustituyendo en ella el valor:

$$\eta_{ir} = \left[\eta_{le} - \frac{r\,C_p\,T'_2}{L}\left(\frac{1}{\eta_{ic}} - \eta_{ic}\right)\right]\eta_{it} \qquad (12)$$

y llamando:

$$A = 2\,g\,J\,L\,\eta_{le}\,\eta_{it}$$
$$B = 2\,g\,J\,C_p\,T'_2\left(\frac{1}{\eta_{ic}} - \eta_{ic}\right)\eta_{it} \qquad (13)$$

resulta:

$$E_c = \frac{1}{g}\left[\sqrt{A\,r + (V^2 - B)\,r^2} - r\,V\right] \qquad (14)$$

que para las velocidad normales de vuelo es una elipse.

El valor de r que hace máximo a E_c viene dado por:

$$r_1 = \frac{A}{2\sqrt{B}\,(\sqrt{B} + V)} \qquad (15)$$

Se comprueban en esta fórmula que r_1 es función creciente de los rendimientos η_c, η_e y de la altura de vuelo y función decreciente de la velocidad y relación de compresión o incremento de temperatura ΔT_c, cosa a la que físicamente se encuentra una interpretación inmediata.

Para valores de η_c, comprendidos entre 0,75 y 0,85, y de η_e entre 0,90 y 0,93 y una relación de compresión alrededor de 4/1, corrientes en los motores en uso, se encuentra que el valor óptimo de r se aproxima a 60.

Recordando que desde el punto de vista metalúrgico el valor mínimo de r es también 60, vemos que en los turbo-reactores coincide aproximadamente el valor que da el mejor empuje específico con el impuesto por consideraciones de resistencia de materiales.

Sin embargo, es de gran interés proseguir las investigaciones a fin de obtener materiales aptos para resistir mayores temperaturas. No debe olvidarse que solamente es el empuje específico el que determina estos valores óptimos de r. El empuje global del motor crece indefinidamente al disminuir r, y cuando interese conseguir mayores velocidades máximas a costa del rendimiento se necesitarán valores de la relación aire/combustible inferiores a los que son capaces de soportar, en la actualidad, los materiales de los turbo-reactores.

Por otra parte, en las turbo-hélices el problema es por completo diferente. Su comportamiento como motor es análogo al del turbo-reactor, mientras que su propulsión es por hélice, a la cual no afecta para nada en sus características intrínsecas la relación aire/combustible. Por tanto, en estos sistemas moto-pro-

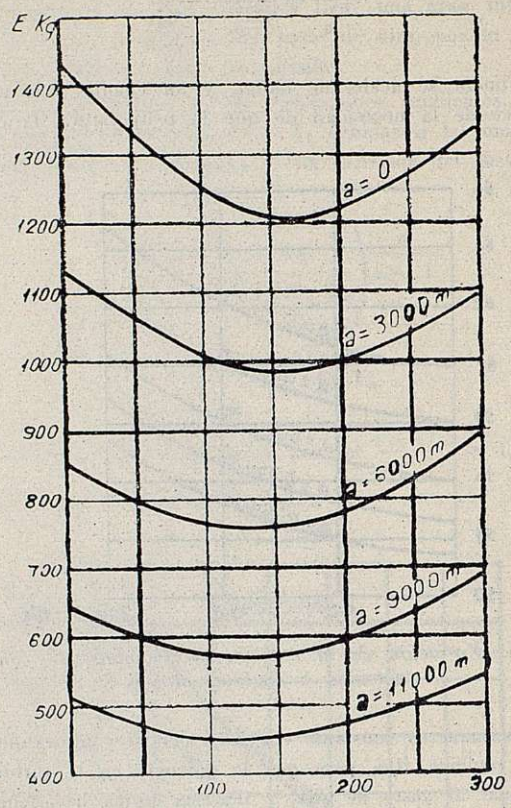


Fig. 8.—*Variación del empuje en Kg. con la velocidad y altura de vuelo.*

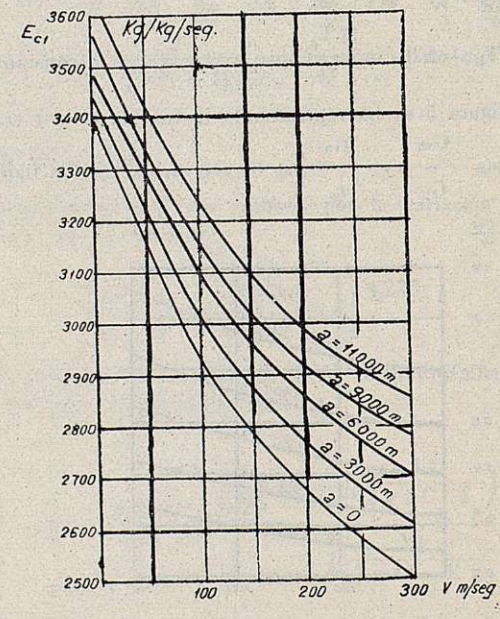


Fig. 9.—*Variación del empuje específico con la velocidad y altura de vuelo.*

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

pulsores convendrá funcionar con los valores más bajos posibles de esta relación, o sea, con las mayores temperaturas de fin de combustión que son capaces de resistir los materiales.

Rendimiento de la propulsión. Influencia de la velocidad

Si se establece como rendimiento de la propulsión la relación entre la potencia útil y la suministrada por el motor, se llega al absurdo de que llega a tomar valores superiores a la unidad cuando la velocidad se incrementa sin límite. No debe ser, pues, correcta la definición adoptada. En efecto, el error proviene de no haber tenido en cuenta la energía cinética del combustible que se va consumiendo. Esta omisión se hace notar cuando se consideran muy grandes velocidades de vuelo.

En la unidad de tiempo, el efecto útil es producto E V y la energía consumida es la potencia del motor y la energía cinética del combustible. Es decir, que deberá ponerse:

$$\eta_p = \frac{E\,V}{P_m + \frac{1}{2g} C\,V^2} \qquad (16)$$

Expresando la potencia del motor en ejes absolutos, o sea, igualándola al efecto útil producido más el incremento de energía cinética contado sobre ejes fijos al terreno, se tiene:

$$P_m = E\,V + \frac{G+C}{2g}(W-V)^2 - \frac{C}{2g} V^2 \qquad (17)$$

y substituyendo esta expresión en (16) resulta:

$$\eta_p = \frac{E\,V}{E\,V + \frac{G+C}{2g}(W-V)^2} \qquad (18)$$

El segundo término del denominador representa las pérdidas que se producen en el propulsor, iguales a la energía cinética producida en el aire. Fácilmente se ve que cuando $V = \omega$ no hay pérdida alguna. El aire queda en reposo después de pasar al turbo-reactor, toda la energía del propulsor se aprovecha como empuje y el rendimiento es $\eta_p = 1$. Cuando es $V > \omega$ el aire «sigue al turbo-reactor en su movimiento», consumiendo energía y siendo, por tanto, η_p menor que la unidad.

En la práctica, pueden emplearse para las expresiones del empuje y potencia las fórmulas aproximadas en las que no se tenga en cuenta el efecto producido por la masa del combustible. Resulta entonces:

$$\eta_p = \frac{2\,V\,(\omega - V)}{\omega^2 - V^2} = \frac{2\,V}{\omega + V} \qquad (19)$$

y en función del rendimiento η_r:

$$\eta_p = \frac{2\,V}{\sqrt{\frac{2g\,J\,L\,\eta_r}{r} + V^2} + V} \qquad (20)$$

Con estas dos últimas fórmulas se comprueba fácilmente que el rendimiento es función creciente de la velocidad de vuelo V.

Para todo el campo de valores, es $V < \omega$, y en el límite, cuando $V \to \infty$ es $V = \omega$, alcanzándose entonces el máximo de η_p con un valor límite igual a la unidad.

En la figura 10 está representada la curva $\eta_p = f(V)$, para el campo normal de velocidades. También se inserta una curva típica de variación del rendimiento propulsivo de una hélice. Quizá sea ésta la mayor diferencia intrínseca que presentan los dos tipos de propulsión. En el turbo-reactor, el rendimiento crece indefinidamente tendiendo hacia la unidad, mientras que al de una hélice, bastante superior a él en la zona de velocidades medias, decrece bruscamente e incluso se anula en cuanto las velocidades sobrepasan los 750 a 800 Km/hora. Con el empleo de hélices contra-rotatorias se han incrementado algo las velocidades máximas posibles de alcanzar mediante propulsión por hélice, pero, en todo caso, siempre existe un límite por encima del cual no se puede volar.

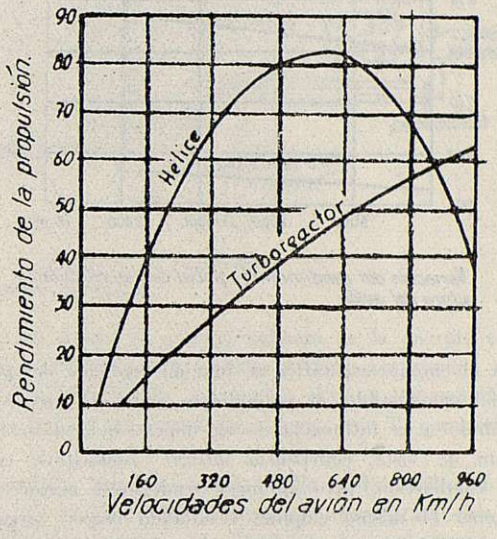


Fig 10 - Curvas que comparan los rendimientos de la propulsión de una hélice y de un turborreactor a distintas velocidades de un avión.

Rendimiento global del sistema moto-propulsor

El rendimiento global del sistema moto-propulsor vendrá dado por la relación entre la potencia útil y la calorífica. Es decir, prescindiendo de la energía cinética del combustible, se tendrá:

$$\eta_g = \eta_r\,\eta_p = \frac{E\,V}{J\,L\,C} = \frac{V}{J\,L} E_c \qquad (21)$$

Y puesto que conocemos la variación de η_r y η_p con la velocidad y altura de vuelo, también es conocida la variación de η_g con dichos parámetros. Esta función está representada en la figura 11.

El rendimiento real en teoría, después de crecer, se anularía cuando la velocidad fuese demasiado grande. Por esto se evita con la obstaculización de la toma dinámica, manteniendo el rendimiento en su valor máximo.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Por esto el rendimiento global es función creciente de la velocidad y cuando fuese V = ω, η_p = 1, y tomaría el valor máximo del rendimiento del motor.

No hay, pues, ninguna razón teórica que impida alcanzar con los turbo-reactores cualquier valor de la velocidad, factor esencial que los diferencia de los sistemas motor-hélice.

Según (21), exceptuando la velocidad y el poder calorífico del combustible, todas las variables de que depende el empuje específico afectan en la misma forma el rendimiento global del turbo-reactor.

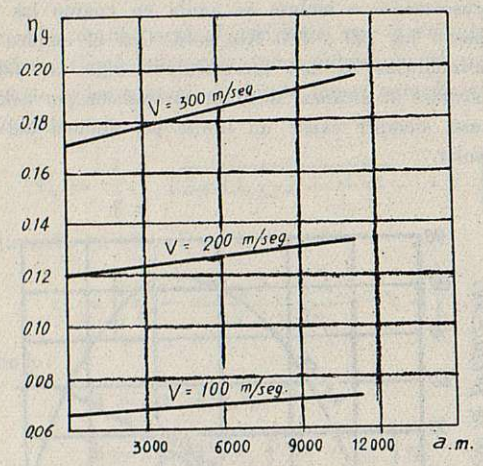


Fig 11
Variación del rendimiento global con la velocidad y altura del avión.

Aunque el empuje específico es función creciente del poder calorífico del combustible, al rendimiento global le sucede lo contrario, debido a la influencia de su dependencia directa. Desde este punto de vista, convendría utilizar combustible con bajo calor de combustión, pero entonces tendríamos mayor consumo para obtener el mismo empuje, resultando mayor carga inerte, e incluso podría necesitarse un motor de mayor tamaño para obtener un empuje dado. Es más importante, por tanto, conseguir mayor empuje específico que no mejorar el rendimiento global, variables, que, por otra parte, sólo se comportan en desacuerdo para esta cuestión.

Sistemas para incrementar el empuje

Muchas veces interesa que durante un cierto intervalo de tiempo el motor dé un empuje superior al normal. Existen distintas soluciones para resolver este problema. Las que ofrecen más interés son las siguientes:

1.º Inyección de un líquido con gran calor latente de vaporización, bien en el compresor, cosa que puede perturbar su funcionamiento e incluso dañar los álabes, o bien en la cámara de combustión, solución ésta, la más empleada. Variando el incremento de empuje obtenido según las condiciones de funcionamiento, aumentando con la altura y velocidad de vuelo. Para dar una idea de los valores alcanzados, puede obtenerse un incremento de un 30 % en un turbo-reactor de tipo normal.

2.º Combustión adicional de combustible en la tobera de salida (postcombustión). Tiene la ventaja de poder utilizar el mismo combustible que en las cámaras no necesitando depósitos distintos como en el caso anterior.

Ambos sistemas presentan el inconveniente de aumentar extraordinariamente el consumo de combustible.

3.º Sistema denominado por los ingleses «ducted fan». Consiste en un compresor de baja presión acoplado al segundo rotor de una turbina de dos escalones al que le llega el aire exterior, que una vez ligeramente comprimido puede unirse o no a los gases de la tobera de salida, saliendo con ellos por dos toberas coaxiles o una sola, según la solución adoptada. Este sistema ha sido empleado en el turbo-reactor Metropolitan Vickers F — 2, con carácter experimental.

El rotor de la turbina en que está acoplado el incrementador de empuje va montado loco sobre el eje de la turbina, debido a que su régimen debe ser algo inferior al de funcionamiento. La energía que produce este rotor es la necesaria para mover al incrementador de empuje.

Se da una tabla en la que pueden apreciarse las características más importantes de algunos turbo-recactores.

MOTOR	Empuje estático	Régimen r. p. m.	Consumo Kg/Kg/h	Gasto de aire Kg/seg.	$m = \frac{P}{p}$	Longitud m.	Diámetro m.	Peso Kg.	Peso/empuje
Rolls Royce Nene	2.265	12.300	1,05	40	4,3	2,463	1,257	705	0,31
Rolls Royce Derwent ..	1.810	14.500	1		4,3	2,248	1,082	680	0,31
Metropolitan Vickers F-2	1.590	7.700	1,05		4		4,028	795	0,50
De Havilland Goblin II.	1.360	10.200	1,23	27,2	3,6	2,717	1,282	705	0,50
De Havilland Ghost....	2.260	10.000	1,05	40	4,25	3,111	1,333	860	0,40
Jumo 004-02.....	860	8.700	1,4	19,5	3	3,86	0,77	720	0,82
B. M. W. 003	800	9.500	1,47	19,3	3,5	3,19	0,67	610	0,82

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

V

CICLOS INDUSTRIALES DE LA TURBINA DE GAS

Diversos ciclos industriales que mejoran el rendimiento

Uno de los mayores inconvenientes de las turbinas de gas es su bajo rendimiento térmico y elevado consumo específico consiguiente. La causa principal de este pequeño rendimiento es la enorme pérdida de energía, debida a la gran temperatura de los gases de escape. No puede pensarse en corregir este rendimiento por elevación de los rendimientos parciales de la compresión y expansión, con valorres ya superiores a 0,85. El rendimiento de la combustión, del orden de 0,90, es inmejorable y de momento no puede pensarse en aumentar el salto térmico, pues la temperatura máxima T_3 viene fijada por la resistencia de los materiales a elevadas temperaturas y la entrada del aire viene fijada por la atmósfera.

Al aumentar la relación de compresión el rendimiento empieza creciendo, alcanza un máximo y cae. Esto se debe a la disminución del rendimiento de la compresión y al aumento de pérdidas con la presión. La potencia específica máxima se obtiene para saltos de temperatura adiabáticos de 250° C, que equivalen a una relación de compresión de 6. Este valor aumenta al hacerlo η_2 y T_3. El consumo mínimo se logra con valores algo mayores de m_0. En los motores recientes se utilizan ya relaciones de compresión próximas a 6, de modo que tampoco por este lado puede pensarse en mejorar el rendimiento del motor.

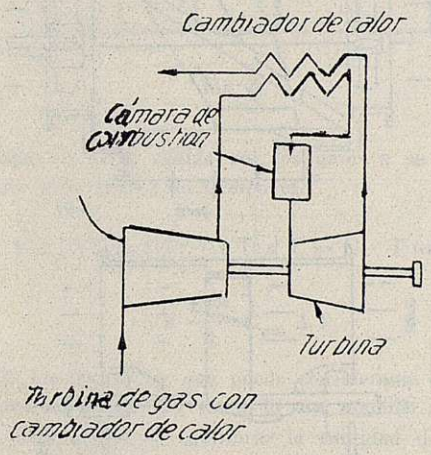


Fig. 1

Puede mejorarse mucho el rendimiento refrigerando el aire de entrada, o bien dividiendo la compresión en varias etapas con refrigeradores intermedios, con lo que puede seguir aumentándose m_0. Siguiendo un camino análogo en la expansión pueden utilizarse varias turbinas con cámaras de combustión intermedias.

Más adelante comparamos los ciclos resultantes con el normal, en ausencia de pérdidas.

Existen otras muchas soluciones, como utilizar la energía calorífica de los gases de escape en la ebullición del agua de una turbina de vapor, o con fines de calefacción, etc.

Nos fijaremos especialmente en los tres siguientes: recuperación del calor de los gases de escape, utilización conjunta del grupo compresor-turbina con un motor alternativo (motor «compound») y uso del ciclo cerrado.

Todos estos sistemas tienen sus mayores ventajas en las instalaciones de tierra. En Aviación no parecen ser de gran porvenir, debido a consideraciones de peso y tamaño, excepto como veremos, el motor «Compound». En efecto, las mayores ventajas de las turbinas de gas sobre los antiguos motores de émbolo se refieren a su baja relación peso/potencia y a su pequeña sección frontal. La casa Bristol experimentó en el «Thoeseus» la inclusión de un recuperador de calor, pero los resultados no han debido ser muy halagüeños, pues en los últimos motores han prescindido de él.

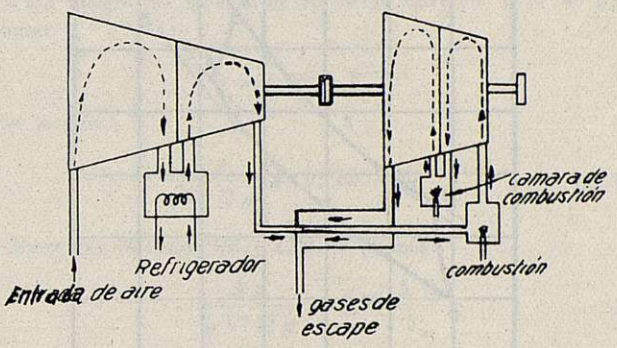


Fig. 2

Cambiadodes de calor.

Tienen por objeto el aprovechamiento de la energía calorífica de los gases de escape en calentar el aire comprimido, antes de su paso a la cámara de combustión. Este calentamiento previo disminuye el gasto de combustible, puesto que T_3 permanece constante.

Naturalmente, que este sistema sólo podrá utilizarse cuando los gases de escape estén a superior temperatura que el aire comprimido. Al aumentar m_0 disminuye la temperatura de salida de los gases y crece la del aire comprimido.

Se ve fácilmente que para un cierto valor de m_0 esas temperaturas se igualan. Este valor de m_0 depende la temperatura fin de combustión T_3. Para

$$T_3 = 1.050° \text{ K} \quad \eta_c = 0,85 \quad \eta_t = 0,87$$

la temperatura de los gases es 722° K. y la del aire comprimido 540° K., con una diferencia de 182° K. Esto corresponde a compresor axil; con el centrífugo esta diferencia disminuye, así como al mejorar η_t. Debido a las pérdidas que el recuperador origina y que estudiaremos más adelante, no debe utilizarse para menores diferencias de temperatura. Al aumentar T_3 lo hacen igualmente los gases de escape, con lo que es permisible usar cambiadores de calor hasta mayores relaciones de compresión. El mismo efecto tiene el uso de refrigeradores, que disminuyen la temperatura del aire comprimido.

Llamamos relación térmica, y representaremos por λ al cociente de la caída de temperatura de los gases de escape por la diferencia inicial de temperaturas de los gases y el aire

$$\lambda = \frac{T_5 - T_6}{T_5 - T_1} \qquad (1)$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Esta relación suele fijarse entre 2/3 y 3/4. El cociente de los saltos de temperatura de los flúidos frío y caliente tiene por valor:

$$\mu = \frac{\Delta t}{\Delta T} = \frac{T_2 - T_1}{T_5 \quad T_6} = \frac{(G + C)\, C_p}{G \,.\, T_p} \qquad (2)$$

Para los valores normales de $r = 60$, $C_p = 0{,}24$ y $C_p^o = 0{,}27$.

$$\mu = \frac{61 \,.\, 0.27}{60 \,.\, 0.24} = 1{,}15$$

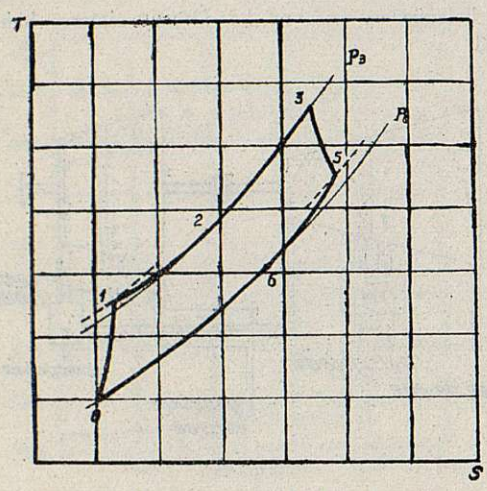


Fig. 3.—*Ciclo con cambiador de calor.*

El ciclo viene representado en la fig. 3. La fase 0 — 1 es la compresión. La — 1 — 2, con una pequeña caída de presión, representa el calentamiento del aire en el cambiador. La 2 — 3 corresponde a la cámara de combustión. La 3 — 5 es la expansión y la 5 — 6 el enfriamiento en el cambiador.

Suponiendo $\lambda = 2/3$; $\mu = 1{,}15$; $T_3 = 1.050^o$ K.; $\eta_c = 0{,}85$ y $\eta_t = 0{,}87$, resumimos a continuación los valores del ahorro de consumo de combustible, en tanto por ciento, en función de la relación estática de compresión.

Disminución del consumo en función de m_c.

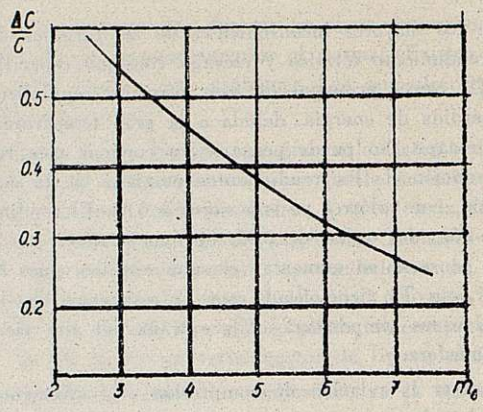
m_o	3	4	5	6	7
T_1	410	450	486	515	540
T_5	868	815	777	746	722
$T_5 - T_1$	458	365	291	231	182
$T_3 - T_1$	640	600	564	535	510
$\Delta C/C$	0,54	0,45	0,39	0,32	0,27

Los resultados de este cuadro han sido resumidos en la figura 4. En realidad, la ganancia en consumo específico es menor, debido a la pérdida de potencia, consecuencia de las caídas de presión que origina la resistencia del cambiador al paso de los gases. Esta pérdida de potencia se compone de un aumento de la absorbida por el compresor y una disminución de la suministrada por la turbina.

El consumo efectivo se mantiene prácticamente constante entre valores de m_c de 3,5 a 7, lo que quiere decir que el rendimiento apenas varía con el régimen.

Hay dos clases de cambiadores de calor llamados, respectivamente, recuperadores y regeneradores.

Los recuperadores consisten en una serie de tubos de pequeño diámetro, por los que circulan los gases situados dentro de otro de mayor diámetro, que sirven de conducto al aire comprimido. La circulación de ambos flúidos es opuesta o en ángulo recto. No



Variación en el consumo en función de m_c
$T_3 = 1050°K$. $\eta_c = 0.85$. $\eta_t = 0.87$ $\lambda = 2/3$

Fig. 4

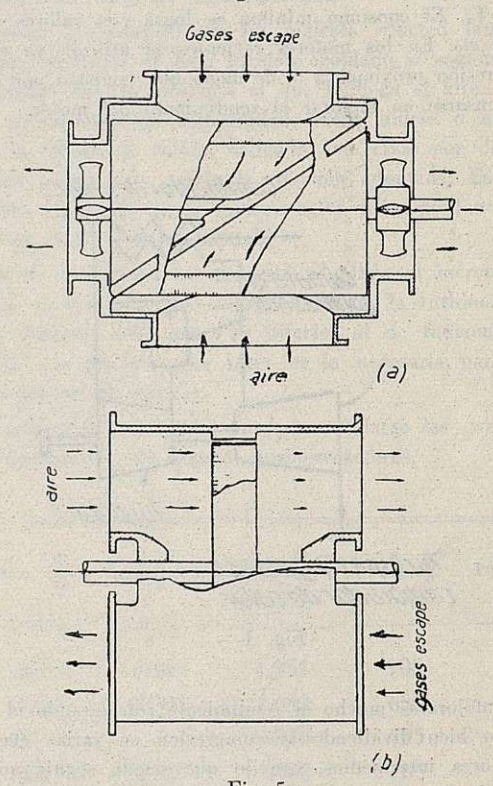


Fig. 5

puede establecerse en el mismo sentido, porque la transmisión de calor es proporcional a la diferencia de temperaturas y sólo funcionaría en buenas condiciones la primera parte del recuperador.

Los regeneradores utilizan el mismo conducto para ambos flúidos, que pasan por él de modo intermitente. La circulación puede ser radial o en sentidos opuestos como se indica en la figura.

Los regeneradores tienen la gran ventaja de ser mucho más

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

pequeños y de poderse fabricar de cualquier material, pudiéndose elegir en cada caso el más conveniente. Tienen, sin embargo, el inconveniente de carecer de datos experimentales. El principio de funcionamiento es análogo al de los hornos Martín-Siemens.

A continuación pasamos a determinar la caída de presión y dimensionado de los recuperadores de flujos opuestos.

Llamamos L a la longitud del tubo, D a su diámetro, V a la velocidad del flúido, θ a la diferencia de temperatura entre el flúido caliente y la pared del tubo, θ' a la diferencia de temperaturas de los dos flúidos, h al coeficiente de transmisión de calor por unidad de área, tiempo y grado de temperatura, δ al coeficiente de resistencia por rozamiento y $R = \frac{\rho V D}{\mu}$ al número de Reynolds.

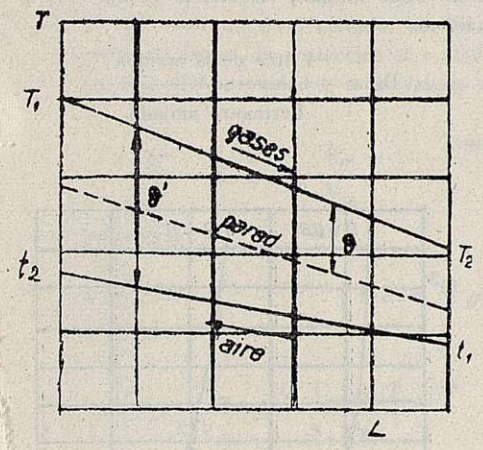


Fig. 6

La cantidad de calor cedida por los gases a su paso por el recuperador, en la unidad de tiempo es:

$$\frac{dQ}{dt} = q = G\,C_p\,dT = G\,(a + b\,T)\,dT = G \cdot T\,(a + b\,T_m) =$$

$$= V\,\frac{\pi D^2}{4}\,C_{pm}\,\Delta T \qquad (3)$$

Dentro de los límites en que puede considerarse constante C_p, q es proporcional a T y, por tanto, lo será también a θ.

Para la temperatura de equilibrio la cantidad de calor cedida por la pared será igual a la absorbida. Por tanto:

$$dq = h \cdot \pi \cdot D \cdot \theta\,dx \qquad (4)$$

$$q = h\,\pi\,D\,L\,\theta_m = \rho V\,\frac{\pi D^2}{4}\,C_p\,\Delta T \qquad (5)$$

Nos conviene poner esta fórmula en la forma adimensional:

$$\frac{\Delta T}{\theta_m} = 4\,\frac{L}{D}\,\frac{T}{\rho V C_p} \qquad (6)$$

Poniendo:

$$\frac{h}{\rho V C_p} = 0{,}027 \cdot R^{-0,2} \qquad (7)$$

se nos convierte en:

$$\frac{\Delta T}{\theta_m} = 0{,}108\,\frac{L}{D}\,R^{-0,2} \qquad (8)$$

Por otra parte, la resistencia a lo largo del tubo tiene por valor:

$$d\,s\,\frac{\rho V^2}{2g} = \delta\,\pi D L\,\frac{\rho V^2}{2g} = \frac{\pi D^2}{4}\,\Delta_p \qquad (9)$$

y pasando a la forma adimensional:

$$\frac{\Delta p}{\rho V^2/2g} = 4\,\frac{L}{D}\,\delta \qquad (10)$$

Para valores del número de Reynolds entre 10^4 y 10^6 se puede poner:

$$\delta = 0{,}0555\,R^{-0,2} \qquad (11)$$

con lo que:

$$\frac{\Delta p}{\rho V^2/2g} = 0{,}222\,\frac{L}{D}\,R^{-0,2} \qquad (12)$$

Entre las fórmulas (8) y (12) obtenemos:

$$\frac{\Delta p}{\rho V^2/2g} = 2{,}05\,\frac{\Delta T}{\theta_m} \qquad (13)$$

Para calcular el valor de θ_m dividamos la (4) por la (5)

$$\frac{dq}{q} = \frac{\theta\,dx}{\theta_m L} \qquad (14)$$

Por la proporcionalidad entre q y θ

$$\frac{dq}{q} = \frac{d\theta}{\theta_2 - \theta_1} = \frac{\theta\,dx}{\theta_m L} \qquad (15)$$

o sea:

$$\frac{d\theta}{\theta} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\theta_m}\,\frac{dx}{L} \qquad (16)$$

que integrada dé:

$$\theta_m = \frac{\theta_2 - \theta_1}{l_n\,\theta_2/\theta_1} \qquad (17)$$

Esta fórmula suele utilizarse en los refrigeradores, pero no en los recuperadores, en los que por variar poco se toma:

$$\theta_m = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \qquad (18)$$

Si llamamos:

$$\nu = \frac{\theta}{\theta'} \qquad (19)$$

$$\theta_m = \frac{\nu}{2}\left[\theta'_1 + \theta'_2\right] = \frac{\nu}{2}\left[(T_5 - T_2) + (T_6 - T_1)\right] =$$

$$= \frac{\nu}{2}\left[2\,(T_5 - T_1) + (T_6 - T_5) + (T_1 - T_2)\right] =$$

$$= \frac{\nu}{2}\left[\frac{2}{\lambda} - (1 + \mu)\right]\Delta T \qquad (20)$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

En el caso de refrigerador hay que usar la fórmula (17) con la condición $\nu = 1$, pues como:

$$\frac{q}{A} = h \,.\, \theta = h' \,\Delta\theta = h'' \,(\theta' - \theta) \qquad (21)$$

siendo h el coeficiente de transmisión de calor gas-metal, h'' el del metal-agua, h' la conductividad del metal e $\Delta\theta$ la diferenrencia de temperatura de las superficies de la pared, y tanto h' como h'' son mucho mayores que h, $\Delta\theta$ y $\theta' - \theta$ son despreciables frente a θ.

Los valores frecuentes de h' son 600 cal/m² min. °C para el acero, 1.700 para el latón y 6.000 para el cobre.

Para h'' puede usarse la fórmula:

$$h'' = 2 + 200\ V_{agua} \qquad (22)$$

y para h la

$$h = \delta\ (0{,}2 + 0{,}08\ V_{gas}) \qquad (23)$$

en la que δ es la densidad relativa y el coeficiente de transmisión de calor viene medido en cal/m² min. y °C. La velocidad se toma en m/seg.

Llamando $T_1\ T_2$ las temperaturas de entrada y salida del gas en el refrigeralor, y $t_1\ t_2$ las del agua

$$\theta_2 - \theta_1 = (T_2 - t_1) - (T_1 - t_2) = (t_2 - t_1) - (T_1 - T_2) = (1 + \mu)\,\Delta T \qquad (24)$$

$$\frac{\theta_2}{\theta_1} = \frac{T_2 - t_1}{T_1 - t_2} = \frac{(T_2 - T_1) + (T_1 - t_1)}{(T_1 - t_1) - (t_2 - t_1)} = \frac{-1 + \frac{1}{\lambda}}{\frac{1}{\lambda} - \mu} = \frac{1 - \lambda}{1 - \lambda\mu} \qquad (25)$$

Por tanto:

$$\theta_m = \frac{\theta_2 - \theta_1}{l_n\ \theta_2 / \theta_1} = \frac{(1 + \mu)\,\Delta T}{l_n \frac{1 - \lambda}{1 - \lambda\mu}} \qquad (26)$$

Las caídas de presión valen, pues:

En el recuperador $$\frac{\Delta p}{\rho\, V^2/_2\, g} = 2{,}05 \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1 + \mu}{2}\right) \nu \qquad (27)$$

En el refrigerador $$\frac{\Delta p}{\rho\, V^2/_2\, g} = 2{,}05\ \frac{l_n \frac{1 - \lambda}{1 - \lambda\mu}}{1 + \mu} \qquad (28)$$

La superficie total del recuperador se obtiene de las fórmulas (3), (5) y (27)

$$A = \frac{G\, C_p\, T}{h \,.\, \theta_m} = \frac{G \,.\, C_p}{h \nu \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1, + \mu}{2}\right)} \qquad (29)$$

La relación sup/sec. tiene por valor, siendo n el n.º de tubos

$$\frac{A}{S} = \frac{n \,.\, \pi\, D\, L}{n \,.\, \pi \frac{D^2}{4}} = \frac{4\, L}{D} \qquad (30)$$

y recordando la (6)

$$\frac{A}{S} = \frac{\Delta T}{\theta_m} \frac{\rho\, V\, C_p}{h} \qquad (31)$$

Para valor de $\frac{h}{\rho V\, C_p}$ suele usarse, en vez de la fórmula (7) la

$$\frac{h}{\rho\, V\, C_p} = C \,.\, R^{-0{,}25} \qquad (32)$$

en la que C es una constante, representada en la fig. 7 en función de los números de Reynolds y Prandtl.

Recordando la (20) se obtiene, finalmente,

$$\frac{A}{S} = \frac{R^{0{,}25}}{C} \frac{1}{\nu \left[\frac{1}{\lambda} - \frac{1 + \mu}{2}\right]} \qquad (33)$$

Estas ecuaciones sirven para los tubos interiores. Para el exterior se usan estas mismas, cambiando el diámetro por el diámetro hidráulico.

$$D_h = \frac{4 \text{ área de la sección}}{\text{Perímetro mojado}} \qquad (34)$$

Por tanto:

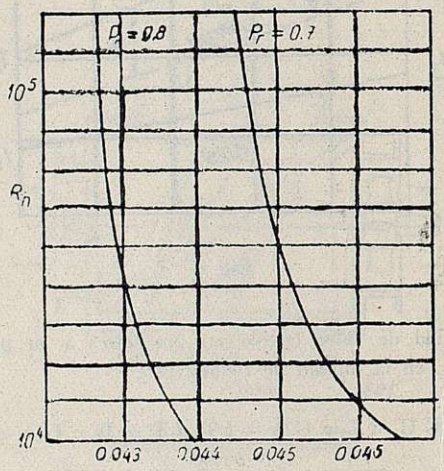


Fig. 7

$$4 \frac{L}{D_h} = \frac{R^{0\,25}}{C} \frac{\Delta T}{\theta'_m - \theta_m} = \frac{R^{0,25}}{C\,(1 - \nu)\left[\frac{1}{\lambda} - \frac{1 + \mu}{2}\right]} \qquad (35)$$

La determinación de ν, así como las disposiciones de menor peso y volumen y la expresión de D_h para tubos distribuídos en los vértices de cuadrados y triángulos equiláteros, viene resuelta en el «Internal Combustión Turbine Theory», de H. T. Adams.

La sección de paso y velocidad de los gases pueden obtenerse por consideraciones teóricas. En efecto, la fuerza de viscosidad entre dos capas flúidas viene dada por la variación de la cantidad de movimiento de las partículas que atraviesan dicha capa. Supongamos como superficie de separación la superficie cilíndrica de radio r. Si la velocidad media en la parte exterior es v, en la interior valdrá:

$$v + \frac{\partial v}{\partial r}\, dr \qquad (36)$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Si m es la masa de las partículas que atraviesan dicha superficie en la unidad de tiempo, la fuerza será:

$$d\,F = m\,\frac{\partial v}{\partial r}\,dr \qquad (37)$$

Operando análogamente con la cantidad de calor obtenemos, pues, C_p, se refiere a Kg. peso

$$d\,Q = g\,m\,C_p\,\frac{\partial T}{\partial r}\,dr \qquad (38)$$

Dividiendo la una por la otra:

$$\frac{d\,Q}{d\,F} = g\,.\,C_p\,\frac{\partial T}{\partial v} \qquad (39)$$

Esta fórmula da un valor un poco elevado, por lo que en la práctica se introduce un factor de corrección a = 0,9.

En la pared hay una discontinuidad y estos valores son finitos con lo que:

$$\frac{Q}{F} = a\,.\,g\,.\,C_p\,\frac{\theta_m}{V_m} \qquad (40)$$

Sustituyendo los valores:

$$Q = G\,.\,C_p\,.\,\Delta T \qquad\qquad F = S\,.\,\Delta p$$

obtenemos:

$$g\,.\,a\,.\,C_p\,\frac{\theta_m}{V_m} = \frac{G\,.\,C_p\,.\,\Delta T}{S\,.\,\Delta p} \qquad (41)$$

o bien:

$$\frac{V_m}{S} = a\,\frac{\theta_m\,\Delta p}{G\,\Delta T} \qquad (42)$$

Esta ecuación es la misma (13) con un valor de la constante a = 0,975.

Uniendo a la (42) la

$$V_m\,.\,S = G/\rho$$

obtenemos:

$$V_m = \sqrt{\frac{a\,.\,\theta_m\,.\,\Delta p}{\rho\,\Delta T}} \qquad (43)$$

$$S = G\,\sqrt{\frac{\Delta T}{a\,\rho\,\theta_n\,\Delta p}} \qquad (44)$$

A continuación reproducimos una comparación de diversos motores con cambiador, refrigerador y recalentadores, sacada del trabajo de F. K. Fischer y C. A. Mayer «The combustión gas turbine». La comparación se hace con iguales temperaturas extremas (T_o = 294º K, T_s = 293º K.) y a igualdad de potencia útil. Se supone un solo refrigerador y recalentador y una recuperación del 75 %. Exponemos los datos en forma adimensional.

COMPARACIÓN DE DIVERSOS MOTORES

	Ciclo simple	Recuperador	Recuperador Refrigerador	Recuperador Recalentador	Recuperador Refrigerador Recalentador
Potencia útil	1	1	1	1	1
P. abs. por el compresor	2,95	1,95	1,80	1,88	1,55
P. sum. por la turbina	3,96	2,95	2,80	2,88	2,55
Energía del conbust.	4,95	3,75	3,43	3,55	3,11
	0,202	0,266	0,292	0,281	0,322
T_0	1	1	1	1	1
Temp. fin refrigeración	—	—	1	—	1
T_1	1,79	1,51	1,3	1,7	1,63
T_2	1,79	2,11	1,95	2,38	2,28
T_3	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13
Temp. fin recalentador	—	—	—	3,13	3,13
T_5	2,065	2,36	2,18	2,565	2,5
T_6					
p_1	1	1	1	1	1
p_2	6	3,5	5	5	7
p_3	6	3,48	4,87	4,87	6,83
p_5	1	1,03	1,03	1,03	1,03

Todos estos rendimientos pueden aumentarse elevando T_s o disminuyendo T_o. Como vemos, aumenta el rendimiento y disminuye la potencia absorbida por el compresor para una potencia útil dada. La ganancia de peso debida a la disminución de tamaño del compresor es compensada por el mayor peso debido al recuperador, etc.

Motor «Compound»

Una manera sencilla de elevar el salto térmico, y, por tanto, el rendimiento, sin sobrepasar la resistencia de los materiales en uso, es el acoplamiento de un motor normal alternativo con un grupo compresor-turbina. Este motor no es, en realidad, sino el último desarrollo de la idea al turbo-compresor, con la diferencia de que aquí es el motor alternativo el que mueve el compresor.

Dado el objeto de esta agrupación parece lógico utilizar un motor Diesel con preferencia al de gasolina, debido a sus mayores temperaturas de combustión (del orden de 2.500º K.). La temperatura de los gases de escape del motor Diesel son más elevadas que los normales de entrada en las turbinas, por lo que hace falta mezclar estos gases con aire comprimido. La cantidad de aire necesario es de 2 — 2,5 veces la de los gases, que viene a ser la mitad del utilizado en las turbinas de gas normales. Esto se debe a que gran parte del calor de los gases se transforma en trabajo dentro de los cilindros. Esta reducción tiene importancia, pues así la disminución de rendimiento, debida a la disminución de temperatura y aumento de pérdida en la compresión, es menor.

Por otra parte, disminuyen las dimensiones del compresor y la turbina. La cantidad de aire adicional es también mayor en los motores de gasolina que en los Diesel para igual cantidad de aire total, pues éstos necesitan mayor relación aire/combustible para la combustión.

La existencia forzosa de esta corriente de aire es utilizada para la refrigeración del motor, que suele ser de dos tiempos.

Otras de las ventajas del motor Diesel consisten en poder utilizar un combustible análogo al de los actuales motores de reacción, no presentan fenómenos de detonación y autoinflamación

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

carecen de equipo eléctrico y poder regular la potencia sin atender más que al combustible inyectado.

La cantidad de combustible que puede quemarse en un Diesel de dos tiempos, sin válvulas, con presión de admisión de 4,4 Kg/cm² y a 2.400 r. p. m., es la de 25-30 Kg./h. por litro de cilindrada, con una posición máxima al cilindro de 95 Kg/cm². Aumentando la presión de admisión a 6 Kg/cm², que parece ser la óptima, el consumo pasa a valer 40 Kg/h. l. Por estudios teóricos (ver «Aeropropulsores por Reacción», de F. Medialdea), se ve que el crecimiento crece poco a partir de una presión de 50 Kg/cm², si bien lo hace mucho con la altura.

Admitiendo un consumo específico de 0,2 Kg/C. V. h. y un consumo de 30 Kg/h. l., se obtiene una potencia de 150 C. V. por litro de cilindrada. Como la potencia de la turbina suele ser 3/2 de la del compresor, la potencia útil será de unos 200 C. V/l.

Un posible inconveniente del motor «Compound» es el pequeño intervalo de régimen de la turbina en que se obtiene buen rendimiento.

La disposición normal del motor es la de la fig. 8, con compresor axil movido por el motor de émbolo, turbina de arrastre de la hélice y tobera de escape.

También es posible modificar los motores con turbo-compresor en el sentido de aprovechar mejor la energía de los gases de escape, de modo que la turbina no sólo mueva el compresor, sino que aumente la potencia útil.

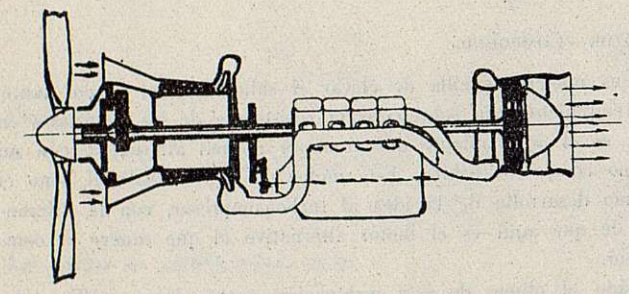


Fig. 8.—*Motor «Compound».*

Si se quiere conseguir el consumo mínimo de combustible en todas las condiciones posibles, puede adoptarse un segundo grupo compresor-turbina.

El ciclo está representado en el diagrama entrópico (fig. 9). Las fases son las siguientes: 0-1 compresión en el compresor; 1-2 compresión en el cilindro; 2-3 combustión a presión constante; 3-4 expansión en el cilindro hasta $p_4 = p_1$; 4-5 laminado de los gases hasta la presión 1; 5-6 enfriamiento de los gases por mezcla con aire a igual presión; 6-7 expansión en la turbina. Hay que tener en cuenta que la parte rayada del ciclo es realizada por una cantidad de gases en la proporción:

$$n = \frac{\text{gases} + \text{aire}}{\text{gases}} = 1 + 2{,}25 = 3{,}25 \qquad (45)$$

Para que haya equilibrio el trabajo suministrado por el motor Diesel tiene que ser igual al del compresor y la temperatura de entrada en la turbina la convenida.

El rendimiento de calidad del motor Diesel rápido puede fijarse en 0,75, con lo que la primera condición se expresa del modo siguiente:

$$0{,}75\left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) L \,.\, C = G \,.\, \Delta H_c = G\, C_p \frac{\Delta T_c'}{\eta_c} \qquad (46)$$

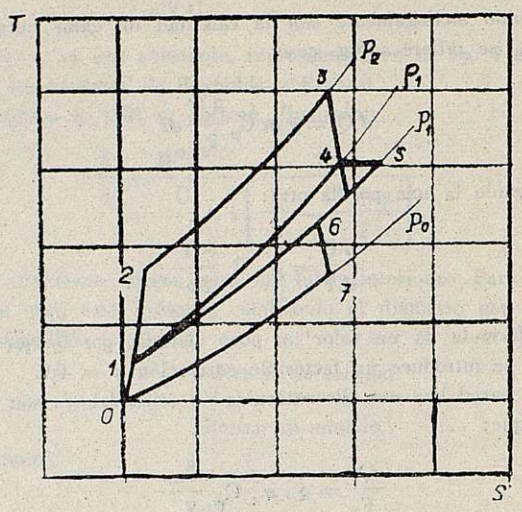


Fig. 9.—*Ciclo del motor «Compound».*

siendo C el consumo de combustible en Kg/seg., L la energía calorífica en Kcal/Kg., G el gasto de aire en Kg/seg., C_p = = 0,24 Kcal/Kg. °K, $\Delta T_c'$ el salto adiábático en el compresor y η_c su rendimiento. Llamando r a la relación aire/combustible dentro del cilindro, la expresión (46) puede escribirse en la forma:

$$n + 1 = \frac{0{,}75}{0{,}24} \frac{L\,\eta_c}{(r+1)\,\Delta T_c'} \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) \qquad (47)$$

y para los valores normales L = 10.310 Kcal/Kg. $r = 15$ $\eta_c = 0{,}85$.

$$n + 1 = \frac{1.720}{\Delta T_c'} \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) \qquad (48)$$

Suponiendo 1.050° K. la temperatura de entrada en la turbina, la segunda condición se expresa en la forma:

$$\frac{n}{n+1} T_1 + \frac{1}{n+1} T_5 = 1.050^\circ \text{K} \qquad (49)$$

con la condición:

$$T_5 = T_4 = \frac{T_1 T_3}{T_2} \left(1 + \frac{L}{(1+r)\, C_p^q\, T_2}\right)^{\gamma - 1} = \\ = T_1 \left(1 + \frac{L}{(1+r)\, C_p^q\, T_2}\right)^{\gamma} \qquad (50)$$

o sea:

$$\frac{T_1}{n+1} \left[n + \left(1 + \frac{L}{(1+r)\, C_p^q\, T_2}\right)^{\gamma}\right] = 1.050^\circ \text{K} \qquad (51)$$

que con $C_p^q = 0{,}30$; $\gamma = 1{,}30$ nos da:

$$\frac{T_1}{n+1} \left[n + \left(1 + \frac{2.150}{T_2}\right)^{1{,}3}\right] = 1.050 \qquad (52)$$

Entre las ecuaciones (48) y (52) se puede calcular T_2 y n para cada $\Delta T_c'$, o lo que es lo mismo, para cada relación de composición.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Para m_o = 5, las temperaturas y presiones son del orden siguiente:

T_o = 288° K.	p_o = 1 Kg/cm²
T_1 = 500° K.	p_1 = 5 »
T_2 = 1.100° K.	p_2 = 100 »
T_3 = 2.650° K.	p_3 = 100 »
$T_4 = T_5$ = 1.850° K.	p_4 = 18 »

CICLO CERRADO

Muchas son las ventajas de la utilización de un ciclo cerrado, entre las que citaremos las siguientes:

Eleva el rendimiento térmico, que sólo depende, para igual temperaturas máxima y mínima, de la relación de compresión, aumentando al disminuir ésta.

Para igual presión máxima, el peso y el tamaño es mucho menor que en las turbinas de ciclo abierto, por lo que pueden conseguirse grandes potencias sin dimensiones excesivas.

Los gases corrosivos no atraviesan al grupo compresor-turbina. Puede utilizar cualquier combustible.

El gobierno de la potencia es muy sencillo, bastando variar el peso específico del flúido utilizado sin modificar la temperatura ni el régimen. Al no variar el régimen, el rendimiento no tiene más variación que la pequeña debida al número de Reynolds.

El arranque se simplifica reduciendo la presión a la atmosférica o a un valor menor.

La utilización de este ciclo tiene que ir forzosamente unida al uso del refrigerador y cambiador de calor. Esto es evidente, teniendo en cuenta que el rendimiento térmico aumenta al disminuir T_o, y las altas temperaturas de los gases de escape. Debido a las altas presiones, el coeficiente de transmisión de calor de los gases al metal mejora, con lo que la pared se encuentra más fría.

Varias son las posibilidades de realización de ciclo. Expondremos los seguidos por la casa suiza «Escher Wyss» y por la «Westinghouse Company», así como otra funcionando con CO_2.

El esquema de la turbina «Escher Wyss» está representado en la figura 10. Es completamente cerrado, por lo que puede utilizarse cualquier gas. Como veremos, nos conviene que tenga un elevado γ, para mejorar el rendimiento, y el mayor peso específico posible, con lo que disminuyen las secciones de paso y el salto de entalpía en la turbina. Los gases más favorables son los monoatómicos, y entre ellos el vapor de Hg, seguido de Xenon, Kripton y Argón, por este orden. Todos ellos tienen γ = 1,66, y sus pesos específicos van de 200 a 40. El Hg. tiene el inconveniente de licuarse a 310° C.

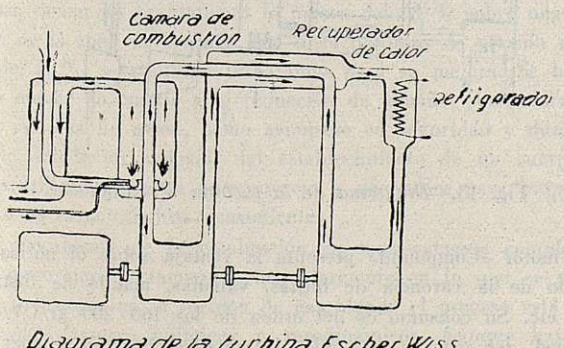


Diagrama de la turbina Escher Wiss

Fig. 10

El gas pasa del compresor al recuperador de calor, donde se calienta, y de ahí a la cámara de combustión, sin mezclarse con los gases de la combustión. Pasa a continuación a la turbina, al recuperador, y, finalmente, al refrigerador de agua. El manto se efectúa mediante dos botellas de gas a baja y alta presión y con regulador centrífugo.

Al crecer la carga se abre la válvula de la botella de alta y pasa gas a presión al circuito. Si disminuye la carga se abre la válvula de la otra botella, en la que penetra parte del gas del circuito.

El ciclo es el indicado a continuación, que tiene la diferencia respecto al normal de seguir una compresión (0 - 1) isoterma. Esto se consigue industrialmente dividiendo el compresor en varias partes con refrigeradores intermedios. También podría conseguirse una expansión (3 - 5') isoterma, poniendo entre cada dos escalones de la turbina pequeñas cámaras de combustión.

En ausencia de recuperador de calor, el ciclo de mejor rendimiento para iguales temperaturas y presiones extremas, es el normal 0 - 1', 350, cuyo valor es.

$$\eta_1 = \frac{C_p\,(T_3 - T_5) - C_p\,(T'_1 - T_o)}{T_p\,(T_3 - T_o)} = 1 - \frac{T_o}{T'_1} \qquad (53)$$

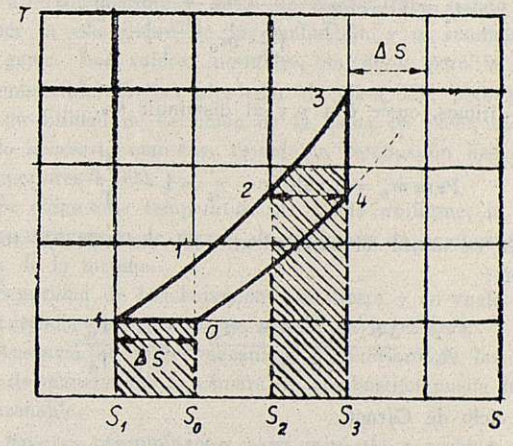


Fig. 11.—*Ciclo cerrado «Escher Wyss».*

En efecto, al utilizar el ciclo 01350 aumentamos el trabajo con el área 011', pero a costa de una energía de combustible S_1 11 S_o mucho mayor. El rendimiento del ciclo será:

$$\eta_2 = \frac{C_p\,(T_3 - T_5) - \Delta S \,.\, T_o}{C_p\,(T_3 - T_o)} = \qquad (54)$$

Si utilizamos recuperador de calor, la cosa cambia totalmente, pues en cualquiera de los dos casos, la temperatura del aire comprimido sólo puede alcanzar la temperatura T_5 de los gases de escape, y eso suponiendo un rendimiento unidad con el recuperador. En el ciclo «Escher Wyss» recuperamos toda la energía calorífica de los gases, mientras en el normal sólo una pequeña

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

parte. En ambos casos la energía del combustible es $C_p\,(T_3 - T_5)$ y los rendimientos respectivos.

$$\eta_{t_1}' = \frac{C_p\,(T_3 - T_5) - C_p\,(T_1' - T_o)}{C_p\,(T_3 - T_5)} = 1 - \frac{T_1'}{T_3} = 1 - \frac{T_o}{T_3}\,m_o^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \qquad (55)$$

$$\eta_{t_2}' = \frac{C_p\,(T_3 - T_5) - S\,.\,T_o}{C_p\,(T_3 - T_5)} = 1 - \frac{\Delta S}{C_p}\,\frac{T_o}{T_3}\,\frac{1}{1 - \frac{T_2}{T_3}} \qquad (56)$$

Como:

$$d\,S = C_p\,\frac{d\,T}{T} - R\,\frac{d\,p}{p} \qquad (57)$$

el ΔS para una relación de compresión m_o vale:

$$\Delta S = R\,l_n\,m_o \qquad (58)$$

y, por tanto:

$$\frac{\Delta S}{C_p} = \frac{R}{C_p}\,l_n\,m_o = \frac{\gamma-1}{\gamma}\,l_n\,m_o \qquad (59)$$

con lo que:

$$\eta_{t_2}' = 1 - \frac{\gamma-1}{\gamma}\,\frac{l_n\,m_o}{1 - m_o^{\frac{1}{\gamma}}}\,\frac{T_o}{T_3} \qquad (60)$$

Como dijimos, crece con γ y al disminuir m_o.

$$\text{Para } m_o = 1 \text{ vale} \qquad \eta_{t_2}' = 1 - \frac{T_o}{T_3}$$

Todavía es mayor el rendimiento del ciclo 0135,0 (con recuperador):

$$\eta_{t_3}' = \frac{\Delta S\,.\,T_3 - \Delta S\,.\,T_o}{\Delta S\,.\,T_3} = 1 - \frac{T_o}{T_3} \qquad (61)$$

igual al ciclo de Carnot.

En el ciclo de la «Escher Wyss» da rendimientos del 60 %, aproximadamente intermedios entre los dados por el ciclo normal abierto por Carnot, para iguales temperaturas y relación de compresión. Todo esto es suponiendo que no hay pérdidas. En la práctica puede obtenerse un rendimiento de 32 %. La variación del rendimiento con la potencia se debe únicamente a las pérdidas en las cámaras, pues la suma de las demás se mantiene prácticamente constantes.

Arthur W. Judge, ha hecho una comparación de los ciclos cerrado, abierto de Carnot para un gasto dado y en las mismas temperaturas extremas. Los resultados para $T_3 = 900^o$ K. y $T_o = 290^o$ K. se exponen en la figura 12.

La casa «Westinghouse» ha realizado otro ciclo en que los gases de la combustión se mezclan con el flúido comprimido. La presión en la admisión del compresor es de 10 K/cm², y la relación de compresión 4.

Debido a esta disposición, tanto la cámara como la turbina y el compresor da un tamaño mucho menor a las de «Escher Wyss». Sin embargo, dadas las altas presiones, se necesita un grupo compresor-turbina auxiliar que suministra el aire necesario para la combustión a la presión conveniente. La disposición práctica se ve en la figura 13. El aire entra por x y a través del compresor

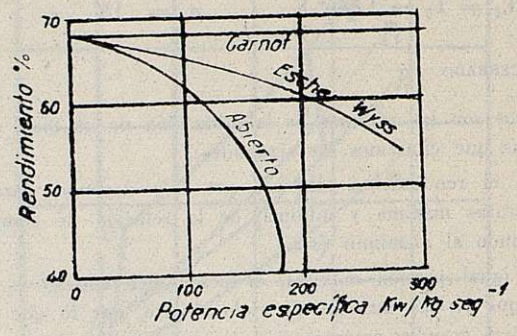


Fig. 12.—*Comparación de los ciclos abierto y «Escher Wyss» con el de Carnot.*

auxiliar C pasa a la cámara de combustión B. A la salida de la cámara el flujo de gases se divide, pasando parte a la turbina auxiliar y de allí a la atmósfera y el resto por la turbina principal al recuperador de calor, refrigerador y compresor principal, con lo que se cierra el ciclo.

Un ciclo semejante se ha estudiado en Inglaterra, pero a menor presión, por lo que no necesita el compresor auxiliar. Utiliza como flúido el CO_2, y no admite más aire que el necesario para la combustión; el exceso de CO_2 lo expulsa al exterior.

Estas dos soluciones tienen el inconveniente de someter al compresor y a la turbina al ataque de gases corrosivos.

De todas estas soluciones, la única posible en Aviación parece ser el motor «Compound», pues si bien el peso y tamaño es muy superior al de los turbo-reactores, es semejante al de los motores de émbolo y tiene un rendimiento (40 %) muy superior al de ambos a todas las alturas de vuelo. Su rendimiento es también superior al de un turbo-reactor con recuperador, refrigerador y recalentador.

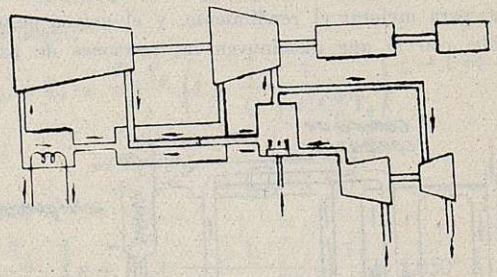


Fig. 13.—*Diagrama de la turbina Westinghouse.*

El motor «Compound» presenta la ventaja sobre el normal de émbolo de la carencia de bujías, válvulas, mando de distribución, etc. Su consumo es del orden de los 160 - 200 gr/CV/hora al nivel del mar, y en todo lo anterior hay que tener en cuenta que no se ha contado con el empuje suplementario de salida.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

REFERENCIAS

H. T. Adams.—*Elements of Internal Combustion Turbine Theory.* Cambridge University Press, London, 1949.

Arthur W Judge.—*Moder Gas Turbines.*—Chapman & Hall LTD. London, 1947.

R. Tom Sawyer.—*The Modern Gas Turbines.*—Prentice-Hall INC. New-York, 1946.

F. Medialdea Olivencia.—*Aeropropulsores por Reacción.*—Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid 1949.

S. G. Hooker.—*The Aplication of the Gas Turbine to Aircraft Performance.*—Journ. Roy. Aeron. Soc. Mayo, 1946.

F. K. Fischer y C. A. Meyer.—*The Combustion Gas Turbine.*—Aero Digest. Octubre, 1944..

VI

COMBUSTIÓN Y COMBUSTIBLES ALIMENTACIÓN Y REGULACIÓN

Combustión.

En principio, el proceso de la combustión podría considerarse como caso el fundamental de la turbina de gas, ya que es aquí donde se suministra la energía calorífica para su transformación en energía mecánica, y cualquier pérdida afecta directamente el rendimiento térmico general. En la práctica, sin embargo, generalmente recibe menor atención que otros componentes, quizá a causa de la existencia de una extensa recopilación de datos obtenidos en las técnicas de hornos de combustión y motores alternativos, y por el hecho de que los continuos avances realizados han sido en su mayor parte empíricos. No obstante, el proceso de la combustión tiene una considerable base teórica en los resultados de investigaciones físicas y químicas y en las realizadas en los últimos años en el mecanismo de la combustión en los ciclos Otto y Diesel, de los cuales en alguna medida se ayuda el análisis de las condiciones existentes en la turbina de gas. No obstante, los datos para el desarrollo de las cámaras de combustión han sido adquiridos casi totalmente por medios experimentales, aunque guiados por algunos principios generales, y hasta el momento actual es casi imposible producir una cámara de combustión a partir de los datos previos de diseño sin tener que realizar gran cantidad de experimentos y modificaciones mediante ensayos. Aunque actualmente las cámaras de combustión buenas tienen un rendimiento lo menos del 98 % sobre una gran parte de la zona de trabajo, con unas pérdidas de presión menores del 5 %, se continúa trabajando para su mejora. Se ha ganado mucho en cuanto a la reducción de tamaño, particularmente para motores de avión, como asimismo en seguridad y duración, aparte del factor esencial del establecimiento de un cuerpo de datos utilizables en un anteproyecto y necesarios para proporcionar unas características convenientes.

El mecanismo de la combustión es excesivamente complejo y se conoce imperfectamente, particularmente en lo que se refiere a su aplicación en la turbina de gas, donde el proceso está afectado por factores químicos y aerodinámicos. Aunque hay una cierta semejanza básica en todos los diseños de cámaras de combustión, la carencia de información fundamental ha conducido a una variedad asombrosa de los detalles de diseño, cuya gran diversidad indica que no ha sido hallada la solución óptima.

Una variable básica es la naturaleza del combustible usado y la manera de su inyección. Para muchas aplicaciones industriales, el carbón es el combustible más utilizable por razones económicas; pero en el caso de las turbinas de gas toda la atención está concentrada en combustibles líquidos y gaseosos, ya que el empleo de combustibles sólidos en turbinas de gas está en su infancia, y, aunque se manifiesta prometedor, no existe experiencia real utilizable.

En las turbinas de gas la mayor parte del peso está destinado al compresor y turbina, lo que hace totalmente necesaria en la construcción de las cámaras de combustión el empleo de láminas de metal para que resulte una construcción ligera, con una vida aceptable. Actualmente el tubo de llamas, que es la parte de la cámara que trabaja en condiciones más duras, llega a tener una vida de unas trescientas horas de funcionamiento.

Las condiciones esenciales que se exige a una buena cámara de combustión, son:

a) Obtención de rendimientos de combustión altos, cosa necesaria a causa de que el consumo de combustible es en la mayoría de los casos grande y no podría admitirse un aumento posterior debido a pérdidas de combustión.

b) Las pérdidas de combustión a través de las cámaras deben ser lo más bajas posibles. Esta necesidad es evidente cuando se considera que las pérdidas de presión reducen el rendimiento termodinámico del ciclo.

c) Se exige el funcionamiento sobre una amplia gama de relaciones aire/combustible y gasto de combustible, siendo esencial mantener la estabilidad de la combustión y el rendimiento en dicha gama. Los valores normales, en peso, para la relación aire/combustible, oscilan alrededor de 60 a 120, pero para evitar la posibilidad de extinción de la llama en vuelo, se ha considerado necesario mantener estable la combustión hasta valores algo superiores a 300.

d) Se exige una temperatura de salida uniforme, lo que implica un alto grado de mezcla de los gases de combustión en la entrada de la turbina.

e) Seguridad de funcionamiento en tierra y en vuelo.

f) Ausencia de depósitos de carbón en la cámara.

g) Ausencia de fallos mecánicos o deterioro de las distintas partes, de manera que la cámara de combustión pueda tener una vida razonable.

Los factores predominantes son, quizá, la necesidad de tener una gran relación de calor producido por unidad de volumen, y el bajo nivel de temperatura final de los gases que se necesita, entre 600 y 800° C. En la tabla I están indicadas las intensidades características de algunas combustiones corrientes, en donde se ve que el nivel de intensidad de combustión que se necesita en la turbina de gas excede en mucho del obtenido en procesos de combustiones industriales. Es comparable con el obtenido en un motor y solamente sobrepasado en procesos muy especiales, tales como en cohetes, en los que la ausencia de nitrógeno atmosférico es una diferencia fundamental.

La significación del bajo nivel de temperatura final de los gases es que éste es inferior a la temperatura a la que puede esperarse tenga lugar una rápida combustión del combustible original o de sus productos de descomposición. Esto introduce la posibilidad de que puedan ocurrir pérdidas de combustión sin

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

aparición de salida de llamas; tales pérdidas están asociadas bien con el combustible que ha pasado a través de la cámara sin quemar o bien con productos de reacción que han sido enfriados por exceso de aire.

Estas exigencias son fundamentales al ciclo de turbina de gas y su importancia no ha cambiado apreciablemente en los diseños de motores más recientes, a pesar del uso de otros dispositivos mecánicos y de ciclos más complejos.

El primer problema fué desarrollar un sistema que cumpliese las exigencias esenciales, y era inevitable que debería ser resuelto en primera instancia empíricamente. Pero el motor de turbina de gas no era una mera invención empírica, y la segunda necesidad obvia era ganar un suficiente conocimiento del proceso de combustión para hacer posible la predicción de los cambios de actuaciones de sistemas dados y el proyecto racional de nuevos sistemas. El segundo problema era, por lo tanto, el de la investigación. El trabajo en ambos campos se simplificó por el hecho de que el proceso de la combustión pudo aislarse de las complicaciones mecánicas del compresor y turbina (diferencia con el motor de émbolo) y pudo examinarse sobre una razonable escala experimental. Además, existe la ventaja de ser un proceso continuo.

TABLA I

INTENSIDADES DE COMBUSTIÓN EN PROCESOS REPRESENTATIVOS (Ref. 1)

Proceso	Condiciones de trabajo	Intensidad de combustión en Kcal/hora . m³. atmósfera	Tiempo de reación en segundos
Llama Bunsen, gas de ciudad	Baja presión. Máx. aireación.	$11{,}6.10^6$	
Llama a alta presión mezcla gas de ciudad aire...	Combustión abierta.	$97{,}4 . 10^6$	0,005
Inyectores comerciales de «fuel-oil».	Combustión abierta.	0,80 a $1{,}8.10^6$	
Combustión de carbón pulverizado al aire libre ...	Tamaño de partícula de 100 a 20 micras.	0,4 a $6{,}2 10^6$	
Quemadores de petróleo...		0,3 a $1{,}62.10^6$	
Motor de avión (4 tiempos)... ...	2.400 r. p. m., índice octano igual a 110.	35.10^6	0,01
Motor de la V-1...		16.10^6	
Cohete de pólvora.		74.10^6	
Cohete V-2...	Máximo empuje.	98.10^6	
Turbinas de avión.	Condiciones de proyecto.	13,5 a $35{,}6.10^6$	0,01 a 0,025

Tipos de cámaras

Las cámaras de combustión pueden clasificarse en:

1.º Cámaras separadas: Tanto el gasto de aire como el de combustible se reparte en un cierto número de cámaras, trabajando todas ellas en idénticas condiciones y comunicándose cada una con las dos adyacentes por intermedio de unos tubos de interconexión. A su vez, se clasifican en:

a) Cámaras de flujo inverso: Las llevaban los motores Whittle y los primeros modelos derivados de ellos. Sus principales características son: Reducen la longitud del árbol motor. Se compensan las dilataciones de las cámaras. Los gases circulan a menor velocidad, teniendo el inconveniente de presentar mayor sección. Tienen peor rendimiento, ya que presentan más pérdidas por rozamiento. Su construcción es más cara y más laboriosa.

b) Cámaras de flujo directo: Las tienen los motores Rolls-Royce, De Havilland, etc. Hoy día son las más utilizadas. Tienen el inconveniente de exigir juntas de dilatación.

2.º Cámara anular: Como su nombre indica, es una cámara única de forma anular, a la que se suministra el combustible mediante varios inyectores. Actualmente es utilizada en los turbo-reactores Metropolitan Vickers, Westinghouse, etc., y fué empleada en los motores alemanes B. M. W. Su principal ventaja estriba en la menor sección frontal que proporciona al motor. Su mayor inconveniente consiste en que son de algún peor rendimiento que las cámaras y son de más difícil diseño para que proporcionen buenos rendimientos. No obstante, son de un gran porvenir.

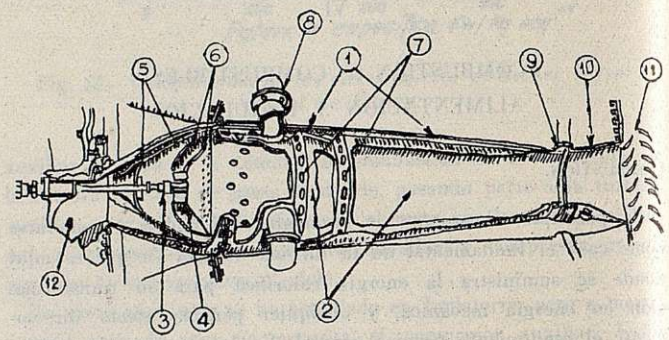


Fig. 1.—*Cámara Lucas, de tipo de flujo recto, del turbo-reactor De Havilland Goblin II. Leyenda*: 1 *cubierta exterior.*—2. *Tubo de llamas.*—3. *Inyector.*—4. *Aletas de turbulencia.*—5. *Caperuza anterior perforada.*—6. *Mampara cortafuegos.*—7. *Agujeros de comunicación.*—8. *Tubos interconectadores.*—9. *Junta de dilatación.*—10. «*Cárter*» *unión con la directriz.*—11. *Directriz.*—12. *Entrada de aire.*

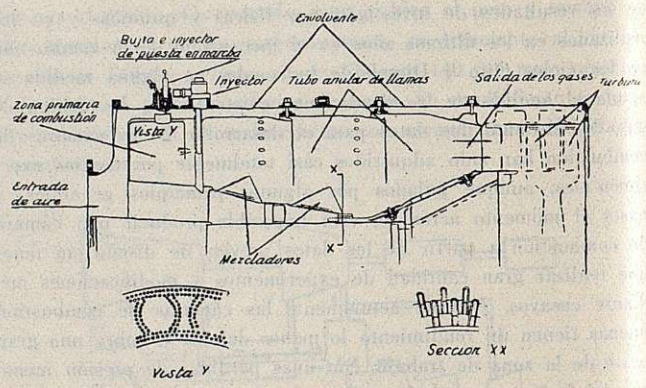


Fig. 2.—*Cámara de tipo anular del turbo-reactor Metripolitan Wickers F-2.*

Para los tipos de cámaras de combustión que acabamos de reseñar hay una característica común de proyecto. Es ella la disposición de su parte interior que se separa en dos zonas: una,

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

para la combustión propiamente dicha, con el denominado aire «primario», y otra, envolviendo a la primera, por la que circula el aire denominado «secundario». Esta disposición viene obligada por la gran cantidad de aire, en relación con la de combustible, con la que han de funcionar las turbinas de gas.

Separando el aire de esta manera, se produce la combustión con el aire primario con una relación en peso con el combustible del orden de 15-18 : 1, es decir, prácticamente la relación estricta para que se realice la combustión de un modo completo. El aire secundario circula rodeando el tubo de llamas, penetrando poco a poco a través de orificios, con lo que se va reduciendo la temperatura y homogeneizando la mezcla. En la zona de la combustión de la temperatura es del orden de los 2.000° C., pero en la salida de la cámara de combustión el aire secundario la ha ido rebajando hasta el límite tolerado por la turbina (850° C., como máximo). Con esta disposición se tienen las siguientes ventajas: aunque la relación nominal aire/combustible en las turbinas de gas suele ser del orden de 60 : 1, debido al necesario equilibrio entre las potencias del compresor y de la turbina hay que iria aumentando a medida que el régimen disminuye y se aparta del

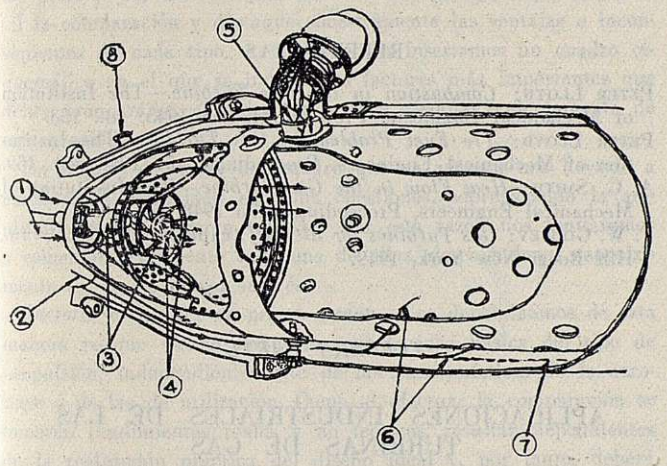


Fig. 3.—*Disposición interior de la cámara de combustión del turbo-reactor De Havilland Goblin. Leyenda*: 1. *Entrada del aire «primario».*—2. *Entrada del aire «secundario».*—3. *Inyector.*—4. *Aletas de turbulencia.*—5. *Tubo de interconexión, X comunica con el aire secundario, e Y con el primario.*—6. *Tubos de comunicación por los que el aire penetra y se mezcla con el primario.*—7. *Aire secundario residual.*—8. *Termopar.*

nominal, pudiendo llegar a ser del orden de 150 : 1 en los regímenes bajos. Pese a estas grandes relaciones de aire/combustible, la cámara no pierde apenas características, ya que en la zona de la combustión la proporción de aire es mucho menor. Además, el tubo de llamas va refrigerado por el aire secundario relativamente frío, con lo que se disminuyen las pérdidas de calor por las paredes y no se hace necesaria la utilización de material especial para la envolvente exterior. Como vemos, pese a las grandes cantidades de aire con que han de funcionar las turbinas de gas, puede decirse que verifican la combustión en unas condiciones parecidas a las de un motor de explosión, en cuanto a la relación aire/combustible se refiere.

Pérdidas y rendimientos.

Las cámaras de combustión tienen diversos tipos de pérdidas de funcionamiento. Además de los efectos de disociación, que se traducen en un menor incremento de temperatura, y de las inevitables pérdidas de calor por las paredes, siempre pequeñas por las causas reseñadas, y porque los gases circulan con gran velocidad (velocidad de entrada del orden de los 80 m/seg.-velocidad de salida del orden de los 100-140 m/seg.), en las cámaras de combustión se producen pérdidas de presión y pérdidas de combustión incompleta. Las pérdidas de presión se deben a los fenómenos de rozamiento, siendo necesario también en su parte final que se produzca una pequeña caída de presión, a fin de acelerar el gas que ha de entrar en la turbina. En total, la caída de presión es pequeña, no sobrepasando del 3-5 %.

El rendimiento de una cámara de combustión se define por la relación entre el incremento de temperatura real conseguido, y el teórico que se produciría si no hubiera pérdidas de combustión. Por esta razón, y por la necesidad que hay de que llegue el gas en perfectas condiciones a la turbina, sin puntos inflamados que pudieran deteriorar los álabes, ha de procurarse que la combustión se realice de un modo completo durante el recorrido del gas a través de la cámara de combustión. Para ello se emplean diversos dispositivos que tienden a acelerar la combustión. El aire primario penetra en el tubo de llamas a través de unas altas helicoidales que le producen turbulencia, factor que mejora notablemente la combustión. El combustible se inyecta mediante un chorro continuo finamente pulverizado, formando un cono de unos 80° en el vértice y animado con un movimiento de rotación contrario al que tiene el aire primario en su salida de las aletas de turbulencia. De esta manera la mezcla se realiza íntimamente y la combustión es mucho más rápida. Además, se proyecta la cámara de combustión para que en la zona del inyector se produzca una baja presión, provocándose una corriente en sentido contrario a la general de marcha del aire. De esta forma, permanece más tiempo en contacto el aire con la zona de inyección de combustible, dando más tiempo para que se queme de un modo completo. Además de las cuestiones citadas, la disposición de orificios, inyector y mamparas, las presiones de inyección utilizadas y otros varios factores, han de estudiarse con el mayor cuidado, a fin de que la combustión se realice con el mayor rendimiento posible.

En general, no deben considerarse satisfactorios rendimientos inferiores al 95 %, teniendo la mayoría de los turbo-reactores modernos rendimientos de la combustión en las condiciones nominales no inferiores al 98 %.

El rendimiento de la combustión viene afectado principalmente por la mezcla de aire que se consiga, pulverización del combustible, temperatura de entrada y relación aire/combustible. Con este último factor disminuye a medida que aquélla aumenta. Por esta razón, y pese a la separación del aire, las turbinas de gas no tienen buenos rendimientos en regímenes bajos. La disminución del rendimiento con la temperatura de entrada es la causa de que decrezca al aumentar la altura de vuelo para las turbinas de gas que equipan aviones. Éste resulta ser uno de los más importantes factores que limitan el techo del avión (fig. 4).

Combustibles.

A los combustibles destinados a alimentar las cámaras de combustión de una turbina de gas, han de exigírseles los siguientes requisitos: buenas características de pulverización, cuando son inyectados en un chorro a presión centrifugado; rapidez de combustión; ausencia de depósitos carbonosos, alto poder calorífico.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

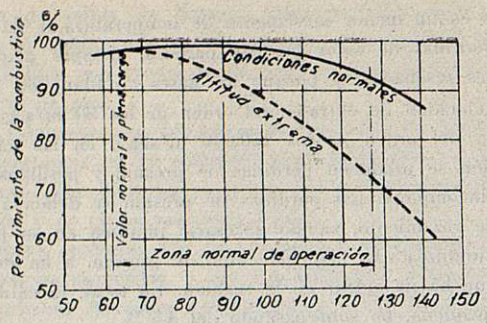


Fig. 4.—*Rendimiento de la combustión en función de la relación aire/combustible.*

Existe una amplia gama de hidrocarburos, combustible de alto poder calorífico, que cumple las citadas condiciones. En general, las turbinas de gas trabajan perfectamente con cualquier tipo de hidrocarburo comprendido entre las gasolinas y el «gas-oil». Para los turbo-reactores y turbo-hélices se prefiere generalmente el keroseno, pero hay varios de ellos que funcionan con gasolina, pudiendo adaptarse el sistema de alimentación para que pueda funcionar con ambos tipos de combustible. En las turbinas de gas para usos industriales y para el transporte terrestre y marítimo, se utiliza el «gas-oil».

No resulta fácil adaptar una turbina de gas para que funcione con aceite pesado, ya que es difícil eliminar los abundantes depósitos carbonosos que produce. Esto es un inconveniente desde el punto de vista industrial, ya que el aceite pesado es uno de los combustibles más económicos. Al tratar de las aplicaciones de las turbinas de gas, indicaremos los intentos que se están efectuando para conseguir quemar en ellas satisfactoriamente carbón en polvo.

* * *

De los sistemas de regulación no hacemos mención especial, ya que es un problema del que existe numerosa literatura, describiendo sus órganos y explicando su funcionamiento, no solamente en revistas extranjeras, sino en algunos artículos aparecidos en nuestro propio país. (Ver, por ejemplo, J. Pellegero Bell, Ing. Aer.; «Sistemas de alimentación de los turbo-reactores». *Revista de Aeronáutica*, núm. 73.) Solamente a título descriptivo nos limitaremos a insertar el sistema de regulación del motor Rolls-Royce Derwent V. (fig. 5).

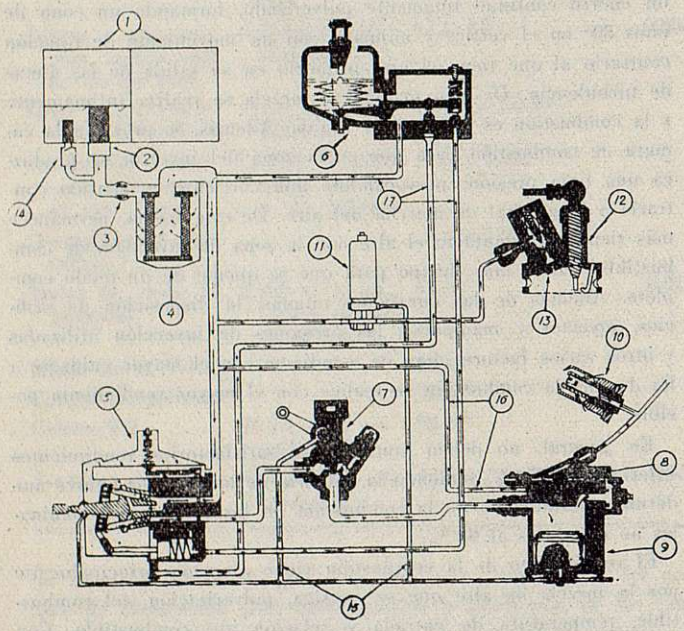


Fig. 5.—*Sistema de regulación del turbo-reactor Rolls-Royce Derwent V. Leyenda*: 1. *Depósitos de combustible.*—2. *Bomba eléctrica para impulsar el combustible desde los depósitos.*—3. *Llave de cierre en baja presión.*—4. *Filtro.*—5. *Bomba Lucas de embolitos múltiples de carrera variable, con regulador de presión y régimen máximo.*—6. *Regulador barométrico (dosifica el gasto máximo según la velocidad y altura de vuelo).*—7. *Válvula reguladora del consumo de combustible (mandada por el piloto).*—8. *Llave de cierre en alta presión para parar el motor.*—9. *Acumulador de combustible para la puesta en marcha.*—10. *Rampa de inyectores.*—11. *Bomba especial eléctrica para la puesta en marcha (de tipo de engranajes).*—12. *Equipos especiales para el encendido (dos por motor), compuesto cada uno de bujía e inyector de tobera cerrada accionada por un solenoide.*—13. *Tobera del inyector y solenoide.*—14. *Válvula para vuelos en invertido.*—15. *Conductos de drenaje.*—16. *Conductos de retorno.*

REFERENCIAS

PETER LLOYD: *Combustion in the Gas Turbine.*—The Institution of Mechanical Engineers, Proceedings, año 1945, vol. 153.

PETER LLOYD: *Tre Fuel Problem in Gas Turbine.*—The Institution of Mechanical Engineers, Proceedings, año 1948, vol. 159.

A. G. SMITH: *Heat Flow in the Gas Turbine.*— The Institution of Mechanical Engineers, Proceedings, año 1948, vol. 149.

F. W. GODSEY: *Gas Turbines for Aircraf* (capítulo V).—Mc. Graw-Hill Boog. New York, 1949.

TERCERA PARTE

APLICACIONES INDUSTRIALES DE LAS TURBINAS DE GAS

VII

APLICACIONES DE LA TURBINAS DE GAS AL TRANSPORTE AÉREO, TERRESTRE Y MARÍTIMO. INSTALACIONES INDUSTRIALES. CONCLUSIONES FINALES

MOTORES DE AVIACIÓN

Para la Aviación ha sido fundamental el desarrollo experimentado por las turbinas de gas, hasta llegar a ser un grupo motopropulsor perfectamente idóneo para ella. Tanto en su versión Turbo-reactor, aprovechando directamente la energía cinética de chorro de salida para la propulsión, como en sistema Turbo-hélice, utilizando la energía sobrante en el árbol motor para accionar una hélice, son perfectamente aplicables a cualquier tipo de avión.

El reducido peso por CV que puede lograrse, factor esencial en un motor de aviación, así como la pequeña área frontal que presentan, hacen que mediante su aplicación se haya logrado un avance considerable en las características de los aviones. Con la utilización de los turbo-reactores, en los que el rendimiento de la propulsión crece indefinidamente tendiendo hacia la unidad, y con los que fácilmente se llega a potencias superiores a los 10.000 CV., se ha dado un salto realmente impresionante en la

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

velocidad máxima alcanzada en los aviones, que ha pasado de poco más de 700 Km/hora (con motores de cilindros), a cerca de los 1.200 Km/hora (avión estadounidense Douglas «Skyrocket»).

A continuación procederemos a efectuar una comparación entre los sistemas motopropulsores que se utilizan en Aviación (1). Especialmente dedicaremos nuestra atención a la comparación entre los motores derivados de las turbinas de gas (turbo-reactores y turbo-hélices), con los de cilindros; pero, no obstante, algunas veces haremos referencia a los cohetes y termorreactores.

Bajo muchísimos puntos de vista pueden compararse entre sí los distintos sistemas de propulsión. Podrían estudiarse las características motoras o propulsoras aisladamente, o bien, considerar también la aeronave que acciona el sistema motopropulsor, a fin de analizar los factores en que interviene, como la autonomía, el techo, el radio de acción, velocidad máxima, etc., etc. Asimismo, es necesario definir qué elemento es el que se toma como básico para establecer la comparación; como, por ejemplo, al comparar los radios de acción debemos especificar qué se hace para igualdad de combustible con peso consumido, o bien imponiendo un límite a la cantidad de combustible capaz de ser llevada a bordo. Es preciso, por tanto, seguir una ordenación lógica que haga fácil la comparación y destaque sucesivamente las ventajas e inconvenientes de cada tipo. A continuación insertamos un cuadro esquemático en el que se indican los factores más importantes que deben compararse, el orden en que se efectúa y el elemento de comparación.

Un estudio detallado del cuadro que se adjunta nos llevaría a extendernos demasiado en estas cuestiones, sobrepasando la amplitud con que quieren tratarse. Por esta razón nos limitaremos a comentar brevemente cada una de ellas, deteniéndonos especialmente en las de mayor interés.

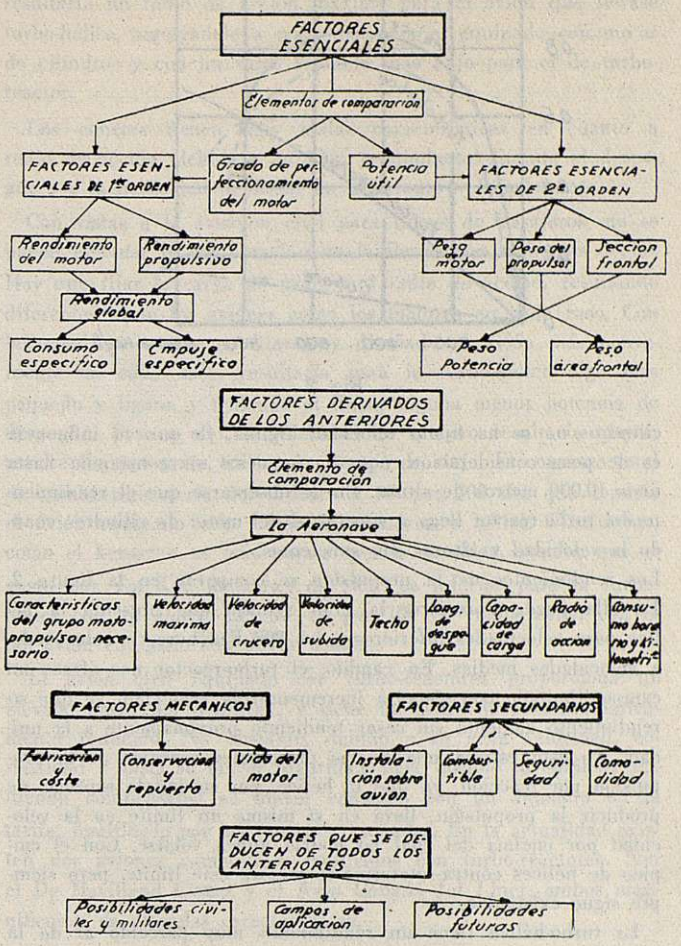
Factores esenciales de primer orden.—Los denominamos de esta manera porque vienen impuestos por la idea básica del tipo de propulsión, independientemente de las características de la aeronave o de las de utilización. Como al efectuar la comparación se tomarán rendimientos reales y no teóricos, resultan dependientes de la realización práctica del diseño ideal y, por tanto, deberá tomarse como elemento comparativo, es decir, el elemento que se toma igual en todos los casos, a fin de establecer la comparación, el grado de perfeccionamiento logrado en el dispositivo motopropulsor. Nos referiremos, por tanto, a motores y propulsores con el mayor perfeccionamiento que se ha conseguido en ellos en la actualidad.

Trataremos de los factores detallados en el cuadro comparativo, o sea, de los rendimientos y consumos específicos, empezando para ello con la comparación de los rendimientos reales de los motores.

Para un motor de cilindros alimentado con gasolina no podemos esperar sobrepasar un rendimiento del motor del orden de 0,27. A regímenes elevados este rendimiento disminuye debido a la necesidad de alimentar el motor con mezcla rica a potencias próximas a las nominales. Con la altura, el rendimiento disminuye, y únicamente estableciendo una expansión en baja presión mediante el aprovechamiento de gran parte de la energía de los gases de escape con una turbina destinada a mover el compresor,

(1) La mayor parte de la comparación que a continuación insertamos, está tomada de unos capítulos escritos por nosotros para el libro de Motores del Ingeniero Aeronáutico Sr. D. Federico Fernández Bobadilla.

CUADRO DE COMPARACION DE LOS SISTEMAS DE PROPULSION



sería posible mantener el rendimiento aproximadamente constante hasta unos 10.000 metros, pero de ahí en adelante decrecería rápidamente.

En los turbo-reactores o turbo-hélices, ya que su rendimiento motor es casi análogo, se consiguen hoy día rendimientos de 0,21 al nivel del mar y velocidad nula, pero cuando la velocidad y altura de vuelo aumentan, se incrementan en gran manera, llegándose a valores del orden de 0,31 ó 0,32. En la figura 1 están representadas diversas curvas típicas de rendimientos, trazadas en función de la altura y a diversas velocidades. Para el motor de

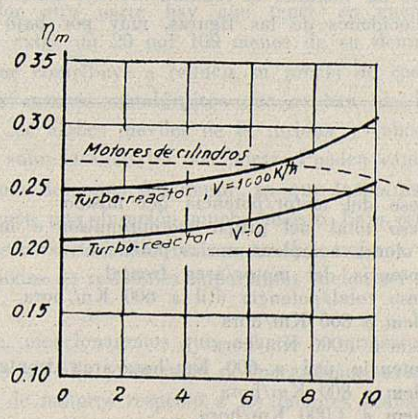


Fig. 1

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

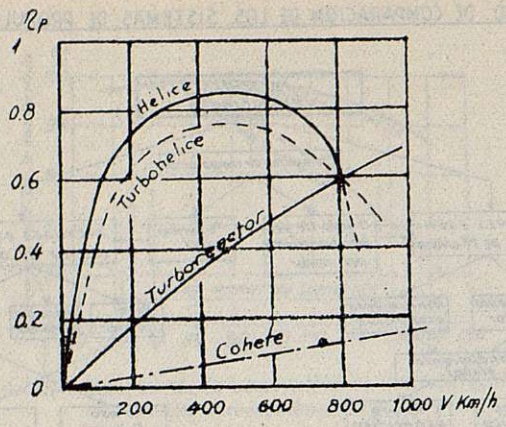


Fig. 2

cilindros no se ha fijado velocidad alguna, ya que su influencia es de poca consideración y se ha supuesto su constancia hasta unos 10.000 metros de altura. Puede observarse que el rendimiento del turbo-reactor llega a superar al del motor de cilindros cuando la velocidad y alturas son suficientes.

Los rendimientos de la propulsión se comparan en la figura 2. En ella puede apreciarse la gran ventaja que presenta la hélice para velocidades inferiores a los 800 Km/hora, y, sobre todo, a velocidades medias. En cambio, el turbo-reactor nos ofrece un campo ilimitado con vistas a incrementar la velocidad, ya que su rendimiento aumenta sin cesar tendiendo próximamente a la unidad. En esto estriba una de las principales ventajas de la propulsión por reacción, ya que la hélice, por su índole especial de producir la propulsión, lleva en sí misma un límite en la velocidad por encima del cual no podría nunca volarse. Con el empleo de hélices contra-rotatorias se mejora este límite, pero siempre sigue existiendo.

La turbo-hélice tiene un rendimiento muy parecido al de la hélice ordinaria. Se obtiene fácilmente con la fórmula:

$$\eta_p = \lambda\, \eta_{ph} + (1 - \lambda)\, \eta_{pt}$$

en la que η_{ph} es el rendimiento de la hélice, η_{pt} el rendimiento propulsivo del chorro de gases, y λ, es la relación entre la potencia de la hélice a la potencia total destinada a la propulsión (del orden de $\lambda = 0{,}8$). Este rendimiento de la turbo-hélice no llegaría nunca a anularse, pues por encima de los 800 Kms/hora sería a la quinta parte del que tendría si toda la potencia se destinase a turbo-reactor exclusivamente, y por tanto, con su rendimiento.

También se ha incluído el rendimiento del cohete, que queda para las velocidades de las figuras, muy por bajo de los anteriores.

El empuje propulsor se consigue lanzando hacia atrás una masa de aire o gases a una cierta velocidad. Para lograr un empuje dado, puede lanzarse una gran masa con pequeña velocidad (hélice), o bien una masa pequeña con gran velocidad (cohete), quedando el turbo-reactor en una zona intermedia. Bajo el punto de vista del rendimiento propulsivo, en los propulsores no autónomos (hélice y turbo-reactor) interesaría impulsar una gran masa de aire con poca velocidad. En cambio, en un propulsor automático (cohete) podría llegar a ser más conveniente el segundo tipo de propulsión, ya que el rendimiento es máximo cuando la velocidad de vuelo es igual a la velocidad de salida de los gases de escape.

Más interesante que el estudio aislado de los rendimientos del motor y de la propulsión es del global, producto de ambos, ya que nos da una idea total del grado de calidad el sistema motopropulsor. En la figura 3 se insertan los gráficos que aclaran esta cuestión, y sobre ella podrían hacerse consideraciones análogas a las que efectuamos cuando se estudiaron los rendimientos de la propulsión.

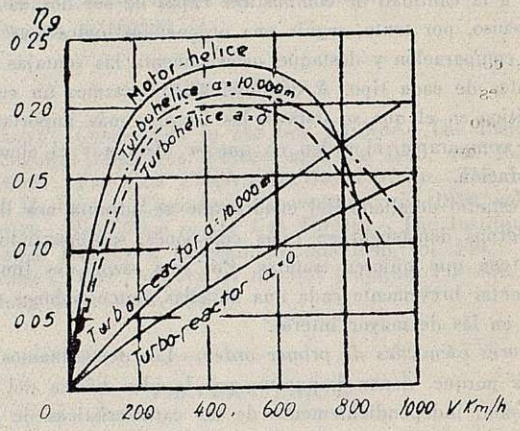


Fig. 3

Factores esenciales de segundo orden.—Análogamente a los de primer orden, son esenciales porque dependen directamente de la idea básica del tipo de propulsión, ahora que en ellos lo que se compara es una característica de diseño en vez de una de funcionamiento, es decir, se compara el peso y tamaño del grupo motopropulsor para una misma potencia. Podía efectuarse esta comparación de varias maneras, tomando igual potencia del motor o con la potencia útil, lo que sería más lógico, pues se haría intervenir las características del propulsor. En el cuadro que insertamos a continuación no se ha tomado ningún factor

	Motor de cilindros y hélice	Turbo-reactor	Turbo-hélice
Peso del motor/potencia del mismo	0,37 Kg/CV.	0,085 Kg/CV.	0,19 Kg/CV.
Peso total del grupo motopropulsor e instalaciones complementarias/potencia	0,9 Kg/CV.	0,13 Kg/CV.	0,33 Kg/CV.
Potencia del motor/área frontal	37 CV/dm²	65 CV/dm²	50 CV/dm²
Peso total/potencia útil a 600 Km/hora	1,1 Kg/CV.	0,24 Kg/CV.	0,43 Kg/CV.
Idem a 800 Km/hora	1,54 Kg/CV.	0,18 Kg/CV.	0,55 Kg/CV.
Idem a 1.000 Km/hora	—	0,09 Kg/CV.	—
Potencia útil a 600 Km/hora/área frontal ...	31 CV/dm²	36 CV/dm²	39 CV/dm²
Idem a 800 Km/hora	21 CV/dm²	48 CV/dm²	30 CV/dm²
Idem a 1.000 Km/hora		60 CV/dm²	—

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

igual en los tres motores. Lo que hemos hecho ha sido tomar magnitudes relativas, a fin de poder establecer la comparación para cualquier potencia que tengan los motores (siempre que sean del mismo orden).

Este cuadro está hecho tomando como referencia un motor de cilindros de tipo refrigeración por líquido, un turbo-reactor de compresor centrífugo de dos caras activas (Rolls-Royce) y una turbo-hélice de compresor axil. Los datos de potencia estática del motor se refieren en el motor de cilindros a la potencia al freno, en el turbo-reactor a la energía cinética producida por segundo en la turbo-hélice a la suma de las dos clases de potencia. La potencia útil en el grupo motor-hélice se mide multiplicando la potencia del motor por el rendimiento de la hélice, en el turbo-reactor en igual forma, pero teniendo en cuenta que la potencia varía con la velocidad, o lo que es lo mismo, multiplicando el empuje por la velocidad y en la turbo-hélice mediante la combinación de ambas. Todos los datos están tomados al nivel del mar.

Puede observarse la gran ventaja que presenta bajo este punto de vista el turbo-reactor, siguiéndose la turbo-hélice y quedando el motor de cilindros con características muy bajas.

Factores derivados.—Los denominamos así porque puede deducirse su comparación de los resultados obtenidos en los anteriores. El elemento comparativo tomado igual en todos ellos es el avión. En estas condiciones, el grupo motopropulsor que se instale viene impuesto por las características más importantes que se quieren obtener con el avión. Para un caza, por ejemplo, lo que interesa es la mayor velocidad posible, tanto horizontal como de subida. En este caso, se fijaría la carga alar máxima y la autonomía mínima del avión, siendo el turbo-reactor con su poco peso (lo que permitiría instalar uno de gran potencia) y magníficas características quien nos daría mayores velocidades.

En cuanto a la velocidad del crucero, se puede decir lo siguiente: los turbo-reactores son motores diseñados para funcionar a elevado régimen, perdiendo rápidamente características cuando se apartan del nominal. Esto es un inconveniente en estos motores, obligándoles a tener un régimen de marcha lenta muy elevado (3.000 - 3.500 r. p. m.). Por esta razón, también es alto su régimen de crucero, estimándose aproximadamente en 0,9 del nominal. Por esta consideración, en aviones análogos equipados con motores de parecida potencia, tendría mayor velocidad de crucero, el que lleva turbo-reactor, después el de turbo-hélice y, finalmente, el de motor de cilindros.

El techo de un avión equipado con turbo-reactores es más elevado que con ningún otro tipo de motor. Se han llegado a alcanzar alturas del orden de los 18.000 metros.

Para poder comparar los radios de acción de un mismo avión equipado con sistemas propulsores diferentes, fijaríamos las características del grupo motopropulsor más conveniente en cada caso, sirviéndonos de los datos aerodinámicos y estructurales del avión y de los de régimen y consumo de crucero de cada motor, con objeto de obtener el mínimo consumo kilométrico para cada uno de los grupos instalados, pero teniendo en cuenta las características de despegue que nos fijan un valor mínimo del empuje estático. Determinado de esta manera la potencia, peso y tamaño de cada motor, se completaría el peso máximo total fijado para el avión (igual en todos ellos) con la carga de combustible, resultando ésta mayor para el equipado con turbo-reactor, después para el de turbo-hélice y, finalmente, el de cilindros, a causa del menor de los dos primeros. En estas condiciones nos resultaría un radio de acción máximo para el avión que llevase turbo-hélice, siguiéndole a poca distancia el equipado con motor de cilindros y con un valor bastante más bajo para el de turbo-reactor.

Los cohetes tienen muy malas características en cuanto a radio de acción, debido a su bajo rendimiento durante el despegue y a la necesidad de llevar en la aeronave el carburante.

Con vistas a la aviación civil para líneas de pasajeros, no se puede efectuar la comparación en la forma que lo hemos hecho. Hay que fijar la carga de pago y el radio de acción, resultando diferentes tanto los aviones como los motores en cada caso. Con las condiciones que se fijaron y diseñado el avión más conveniente en cada caso, resultaría para la turbo-hélice algo más pequeño y ligero, y teniendo el motor alguna menor potencia de despegue. Pese a ello, la velocidad de crucero resultaría mayor, resultando, por tanto, un menor tiempo de viaje. El consumo total de combustible sería del orden del 90 por 100 del que tendría el avión equipado con motor de cilindros y hélice. Finalmente, como el keroseno es más barato que la gasolina, resulta que el gasto por Tm/Km. de carga de pago es inferior para la turbo-hélice con un ahorro del 30 - 36 por 100 en comparación con el del avión equipado con motor usual.

El avión civil equipado con turbo-reactores proporciona un elevado gasto por Tm/Km., y tiene un radio de acción relativamente reducido. No obstante, debido a su gran velocidad, comodidad y hasta su mayor seguridad, hace posible su empleo; pudiendo compensarse su mayor consumo con un aumento en la tarifa, justificado por las ventajas reseñadas. En la actualidad existen dos aviones comerciales equipados con turbo-reactores. Son el De Havilland Comet y el Avro Canadá Jet Liner, ambos magníficos y de elevadas características.

Factores mecánicos.—Son los que dependen de las cualidades constructivas y mecánicas del motor, incluyéndose en ellos la fabricación, coste, mantenimiento y la vida del motor.

La fabricación de un turbo-reactor es realmente más fácil que la de un motor de cilindros de gran potencia, una vez que se tiene la necesaria experiencia y se dispone de maquinaria especial. En donde radica el mayor inconveniente es en la cuestión de aceros especiales, ya que se utilizan en muchos órganos y han de ser de alta calidad. Esto eleva el coste de la producción, debido a su alto precio y severa vigilancia de fabricación que se exige. Por otra parte hay que tener en cuenta que un turbo-reactor exige un 20 por 100 menos de su tiempo de fabricación, lo que contribuye a reducir su precio de coste.

Pese a los avances metalúrgicos que se han ido logrando, la duración de los álabes móviles de la turbina y tubos de llamas es corta, no sobrepasando las 300 horas. Pueden cambiarse independientemente del resto del motor, ya que las otras piezas importantes tienen una duración mucho mayor. Bajo este punto de vista, los motores de cilindros son mucho mejores, ya que en ellos los períodos de revisiones importantes suelen ser de unas 700 horas.

Finalmente, mencionaremos que, cohetes y termorreactores, por su índole tan sencilla y ausencia de mecanismos, aventajan a los demás tipos de motores respecto a los factores acabados de considerar.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Factores secundarios.—Aunque se les denomine así, también tienen importancia esencial, sobre todo el aspecto de la seguridad de vuelo.

Dado el estado actual de desarrollo de los motores usuales y de los nuevos sistemas propulsores, sería aventurado el afirmar que un turbo-reactor tiene un funcionamiento más seguro, que el de un motor de cilindros. Ahora bien, lo que sí puede afirmarse es, que como todo mecanismo sencillo, en la actualidad o al menos en un próximo futuro, el turbo-reactor o la turbo-hélice han de tener un funcionamiento más seguro que el del motor de cilindros, mecanismo complejo, con gran cantidad de órganos en movimiento alternativo y diversidad de instalaciones auxiliares.

Otro factor que debe tenerse en cuenta es la aminoración del riesgo de incendio que supone el empleo del keroseno, ya que tiene una elevada temperatura de inflamación espontánea, con lo que se evita uno de los mayores peligros y el que más preocupa a los pasajeros de la aviación civil.

También debe señalarse que un avión equipado con un turbo-reactor, resulta más cómodo para el pasaje, ya que no se producen durante su funcionamiento más vibraciones de alta frecuencia. En cambio, su sonido es más desagradable (un silbido intenso), aunque menos fuerte que el de un motor usual.

Otras consideraciones pueden hacerse, aunque no tan importantes, como por ejemplo, que el tren de aterrizaje es más bajo en los aviones con turbo-reactores, debido a la carencia de hélice. El despegue es inmediato, no interesando, sino al contrario, calentar el motor. Finalmente, las instalaciones sobre el avión son más sencillas al no existir radiadores ni la diversidad de mandos de un avión con motor de explosión, como el regulador de riqueza de mezcla en altura, llaves de paso, de los radiadores, persianas de refrigeración, etc., etc., existiendo también menos instrumentos de gobierno en el cuadro del piloto. Por último, diremos que el peligro de formación de hielo en el motor no existe en los turbo-reactores con compresores centrífugos, aunque sí en los axiles, en los que adhiriéndose en los álabes les hace perder características aerodinámicas, dificultando el funcionamiento del motor.

CONCLUSIONES

Como resumen de lo que acaba de exponerse, pueden obtenerse las conclusiones siguientes.

Para la Aviación militar se ha impuesto por completo el avión equipado con turbo-reactores o turbo-hélices; especialmente el primero ha resultado insustituíble para los «cazas», hasta tal punto, que hoy día resulta anacrónico un avión de combate equipado con motores alternativos. Para este tipo de avión no son apenas inconvenientes el elevado consumo de los motores y su no muy larga vida, sobre todo al tener en cuenta las magníficas características de peso/potencia y potencia/área frontal que proporcionan.

Para los aviones de bombardeo también se emplean los turbo-reactores (English Electric «Camberra», «Stratojet», etc.), y para ellos tienen especial aplicación las turbo-hélices, sobre todo debido al gran radio de acción que proporcionan. Este último tipo de sistema motopropulsor equipa un gran número de aviones civiles de pasajeros, estando prevista su instalación (turbo-hélices Bristol «Proteus») en los aviones gigantes Seunders Roe y Bristol Brazabon.

Todavía no puede afirmarse que las turbinas de gas en su aplicación a los motores de aviación estén perfectamente logradas, ya que es realmente muy corto el tiempo que han tenido para su experimentación de desarrollo. Su futuro es realmente prometedor, y aún en la actualidad, hemos visto que compiten ventajosamente con el motor de cilindros en muchos aspectos. Hay comentaristas que opinan que el motor alternativo de potencia superior a los 1.000 CV. desaparecerá en muy pocos años, y que en toda la zona de velocidades y alturas medias se impondrá el sistema turbo-hélice, quedando los turbo-reactores para el campo de las grandes alturas y velocidades, mientras que el motor de cilindros quedará limitado para la propulsión de pequeños aviones destinados a volar a baja cota y reducida velocidad (fig. 4).

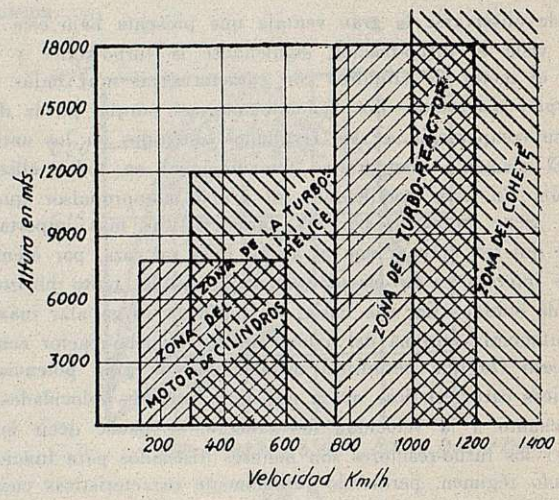


Fig. 4

Aún hay comentaristas que van más lejos, y opinan que la turbina de gas se impondrá por completo en el dominio de la aviación, en cuanto se mejoren un poco más sus materiales y pueda trabajar con más altas temperaturas y mejor rendimiento. Estas autoridades aeronáuticas anuncian la desaparición del motor alternativo, en su aplicación a la aviación, en un número relativamente corto de años.

El motor de cilindros es una máquina de gran perfección y funcionamiento seguro en la actualidad; pero ello se debe a la enorme cantidad de tiempo que le han dedicado, y que le dedican, multitud de ingenieros en todo el mundo. Pero su idea básica no es buena y cada día cuesta más trabajo perfeccionarlos y aumentar su potencia. Los motores de los nuevos sistemas propulsores basados en la turbina de gas son muy recientes, de apenas nueve o diez años, y en tan corto plazo de tiempo ya se han puesto a la altura de los motores de cilindros. Esto se debe, más que nada, al triunfo de la máquina rotatoria sobre la alternativa, y esto sin contar las ventajas que se desprenden del sistema propulsor, tan importantes o más que las del motor. En resumen, los turbo-reactores y turbo-hélices todavía en pleno desarrollo, presentan un porvenir magnífico, no presentando la idea básica que

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

preside su concepción limitación alguna que impida su ulterior desenvolvimiento y evolución hasta alcanzar los mayores grados de perfeccionamiento.

Aplicaciones de la turbina de gas al transponte terrestre y marítimo.

Actualmente, la aplicación de las turbinas de gas al transporte terrestre y marítimo no está más que en sus comienzos. Ciertamente que ya existe una locomotora Brown Boveri de turbina de gas, otras unidades destinadas a la Marina, y hasta automóviles accionados por este sistema, habiendo un gran número de proyectos en mayor o menor grado de realización, pero, no obstante, no está todavía el problema nada más que en su fase inicial.

Hasta ahora, el principal inconveniente de las turbinas de gas estriba en la proporcionalidad inversa que existe entre su rendimiento y su duración. Son necesarias muy elevadas temperaturas funcionales para obtener rendimientos aceptables, que puedan competir con los de los motores de explosión y Diesel, llevando esto consigo que la vida del motor sea relativamente corta. Esto es perfectamente compatible con los requerimientos de la Aviación, pero no lo es en absoluto con lo del transporte terrestre y marítimo.

La razón que acabamos de citar ha obligado a proyectar las turbinas de gas que actualmente están en servicio en locomotoras, plantas industriales y barcos, para que trabajen con temperaturas en la admisión de la turbina relativamente bajas, del orden de los existentes en las turbinas de vapor, con lo cual, la vida de aquéllos resulta análoga a la de éstas.

No obstante, con el uso de recuperadores de calor y con temperaturas de entrada en la turbina del orden de los 550° - 600°, y relaciones de compresión del orden de 3 - 4 : 1, se logran fácilmente rendimientos a 0.20. Este valor del rendimiento es del orden del que se consigue en una turbina de vapor de buenas características, y muy superior desde luego al de una máquina de vapor de émbolos, pero resulta inferior al de un motor Diesel. No ya en el futuro, sino en proyectos que se están llevando a cabo, se está consiguiendo turbinas de gas de una gran vida y con rendimientos del orden de 0,25, análogos ya a los de un motor Diesel para usos industriales.

Cuestión aparte es la del peso de cada uno de estos motores. La turbina de gas, aún con recuperador de calor, refrigerantes y sistemas de regulación es muchísimo más ligera a igualdad de potencia, que el motor de explosión, máquina de vapor, motor Diesel o turbina de vapor, siendo también considerablemente menos voluminosa.

No queremos insistir más sobre la composición de estos motores ni mencionar aquí sus posibilidades futuras, ya que trataremos especialmente estas cuestiones en las conclusiones finales.

Locomotoras con turbinas de gas.

La primera locomotora de turbina de gas, puesta en servicio, ha sido construída por la Casa Brown Boveri, y fué terminada a finales del año 1941. Es una unidad de 2.200 CV. de potencia, y locomotoras de este tipo prestan sus servicios en los Ferrocarriles Federales Suizos.

En esencia se compone de un compresor axil que eleva la presión del aire hasta unos 3,5 Kg/mm². A continuación pasa a un cambiador de calor, en donde recupera parte de la energía calorífica de los gases de escape. El combustible se quema a presión constante en una cámara única de combustión, pasando a continuación y con una temperatura máxima de 580° C, a una turbina de cuatro rotores.

El régimen máximo del motor es de 5.200 r. p. m., reduciéndose al llegar a las ruedas hasta poco más de 800 r. p. m.

Su rendimiento máximo es igual a 0,18, pudiendo estimarse su rendimiento medio durante un recorrido normal del tren en un valor del orden de 0,12.

La transmisión a las ruedas es eléctrica, siendo este procedimiento mucho mejor que una transmisión mecánica o hidráu-

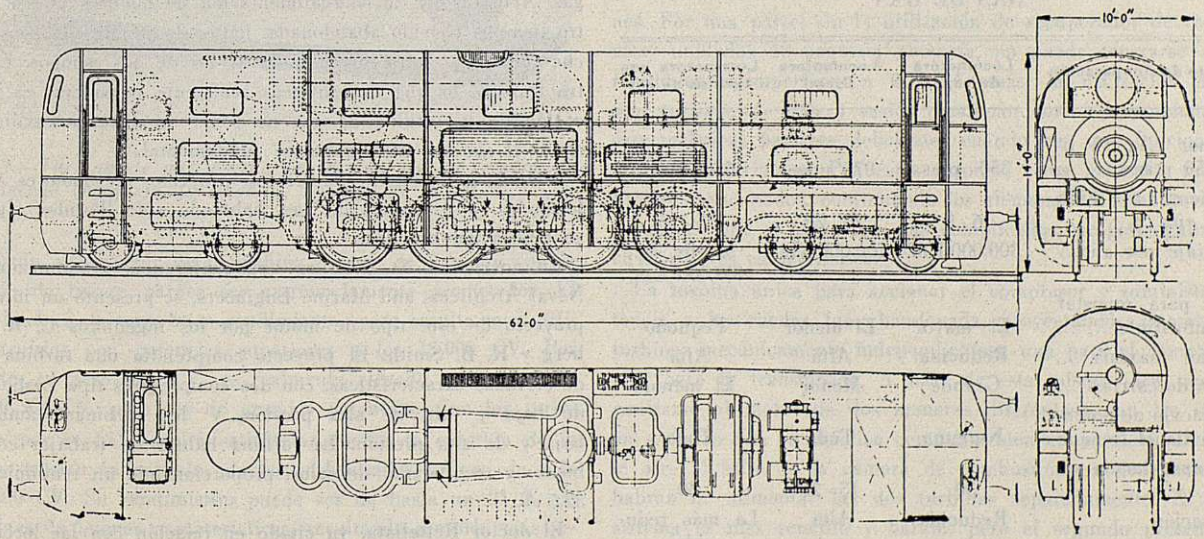


Fig. 5.—*Esquema de la organización de la locomotora Brown Boveri de turbina de gas.*

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

lica, ya que se evita el empleo de un reductor y se regula mucho mejor la potencia. Para ello, la turbina acciona directamente un motor eléctrico, que a su vez sirve como motor de puesta en marcha.

Otros proyectos.

Otros proyectos de locomotoras con turbinas de gas en vías de realización son los de las casas Allis-Chalmers y General Electric, en los Estados Unidos.

El Dr. J. T. Rettaliata, ingeniero jefe de la Research and Gas Turbines Development Division of Allis Chalmers, ha efectuado diversos proyectos de locomotoras con turbinas de gas; unas con transmisión eléctrica y otras con transmisión directa, utilizando para ello dos turbinas, una, para accionar el compresor, y otra, acoplada a la transmisión. Las potencias previstas están comprendidas entre 4.800 y 6.000 CV. en locomotoras con un peso de unas 200 toneladas. Se esperan obtener rendimientos del orden de 0,18.

La Casa General Electric tiene en proyecto una locomotora con turbina de gas de elevadas características. Es de transmisión eléctrica, con compresor axil y con una sola turbina. Se ha estimado su rendimiento entre 0,18 y 0,19.

COMPARACIÓN DE LAS LOCOMOTORAS CON TURBINAS DE GAS CON LOS DE OTROS SISTEMAS.

De lo que acaba de exponerse pueden deducirse ya varias consecuencias para la comparación de las locomotoras con turbinas de gas. Para fijar las ideas, insertamos a continuación unos cuadros comparativos de los diferentes tipos de locomotoras, tal y como se encuentran en su estado actual. Están tomadas de las referencias 1 y 2, y han sido establecidos los datos por verdaderas autoridades en la materia.

CUADRO COMPARATIVO ENTRE LOCOMOTORAS DE VAPOR, DIESEL CON TRANSMISIÓN ELÉCTRICA, Y TURBINAS DE GAS

Elemento de comparación	Locomotora de vapor	Locomotora Diesel	Locomotora con turbina de gas
Coste por CV. (1 libra = 50 ptas.)	350 ptas.	875 ptas.	650 ptas.
Rendimiento medido sobre ejes %	6 - 8	26 - 28	15 - 16
Kilometraje por año...	300.000 Km.	400.000 Km.	Mayor de 400.000 Km.
Tiempo para repostar el combustible	El mayor	El menor	Pequeño
Velocidad máxima ...	Reducida	Alta	Alta
Desgaste de carriles ...	Grande	Menor	El menor
Recuperación de potencia mediante frenado	Ninguna	Toda	Toda
Vida aproximada en años	30	15 - 20	30
Conservación	Reducida	Alta	La más reducida.

Combustible	Carbón	Aceite pesado	«Gas-oil»
Coste del combustible (100 % para los de vapor)	100	50 - 75, media = 63	50 - 75, media = 68
Coste del combustible referido al peso de la máquina	100	68	61
Coste del lubricante en tanto por ciento del coste del combustible	10	20 - 30	Menor que 1
Coste de agua en tanto por ciento del coste del combustible...	10	Pequeño	Nulo
Par de arranque	Mínimo	Grande	Grande

De la observación del cuadro anterior puede deducirse la consecuencia que aun en el estado actual la locomotora de turbina de gas puede competir ventajosamente en muchos aspectos con los otros tipos.

Además de las ventajas citadas, pueden también indicarse que su peso sería menor, y su longitud sería del orden del 50 % de la de una locomotora Diesel; ventaja ciertamente importante, ya que permitiría disminuir el radio de las curvas del trazado de la vía.

En cuanto a sus posibilidades futuras, dejamos el estudio para el final de este trabajo, en el que se insertarán unas conclusiones en las que se analizará el conjunto de características y posible desarrollo de la turbina de gas.

LA TURBINA DE GAS EN SU APLICACIÓN PARA BARCOS.

Desde hace muchos años se ha venido utilizando la turbina de gas para la sobrealimentación de los motores Diesel de los barcos. Un ejemplo importante de esta aplicación lo tenemos en el trasatlántico «Reina del Pacífico», que llevaba sus cuatro motores Harland and Wolf, Burmeister and Wain de 5.500 CV., sobrealimentados con un dispositivo patente Buchi de turbina de gas. Actualmente, la sobrealimentación de motores Diesel de cuatro tiempos ha sido abandonada, habiendo progresado con no mucha rapidez la sobrealimentación de los de dos tiempos. En nuestro trabajo, lo que nos interesa realmente considerar es la aplicación de la turbina de gas no como un sistema auxiliar, sino como el sistema motopropulsor fundamental.

Existen actualmente numerosos proyectos de motores marinos formados por turbinas de gas, habiendo sido llevados algunos a su realización práctica.

En noviembre de 1943, en una conferencia pronunciada en la Naval Architects and Marine Engineers, se presentó un interesante proyecto de este tipo de motor por los ingenieros C. R. Soderberg y R. B. Smith. El proyecto comprendía una turbina de gas de elevadas características, con dos compresores tipo Lysholm, uno de baja y otro de alta presión, y dos turbinas, también de baja y de alta presión. La turbina habría de trabajar con cambiador y recuperador de calor, proporcionando un rendimiento del 32,5 %.

El doctor Rettaliata, ya citado en relación con las locomotoras de turbina de gas, ha proyectado también un motor de este tipo

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

apto para la propulsión de navíos, compuesto también de dos turbinas y dos compresores. El autor espera obtener un rendimiento no inferior al 30 %, y conservar esta buena eficiencia en condiciones muy variadas de funcionamiento.

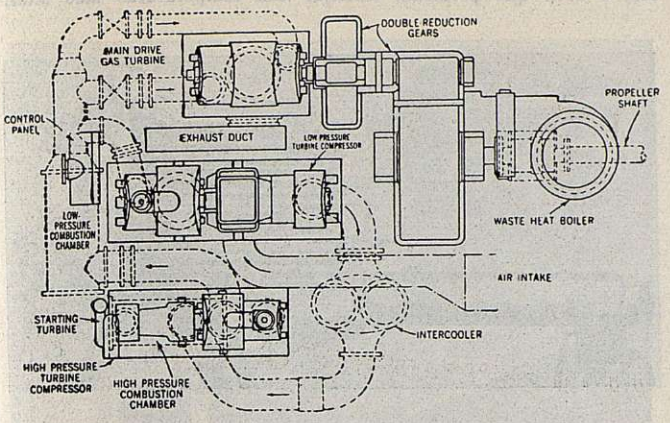


Fig. 6.—*Esquema de la turbina de gas para barco, Brown Boveri de 4.000 CV. de potencia, empleando dos escalones de presión, cambiador de calor y doble engranaje reductor. (De la ref. 5.)*

Existen otros muchos numerosos proyectos: General Electric, Brown Boveri, de J. K. Salisbury, P. R. Sidler, etc., etc., coincidentes la mayoría en el empleo de doble grupo compresor-turbina, lo que lleva consigo un mejor rendimiento con regímenes variables, y utilizando diversos tipos de cambiadores y recuperadores de calor, así como distintos procedimientos para conseguir la marcha atrás.

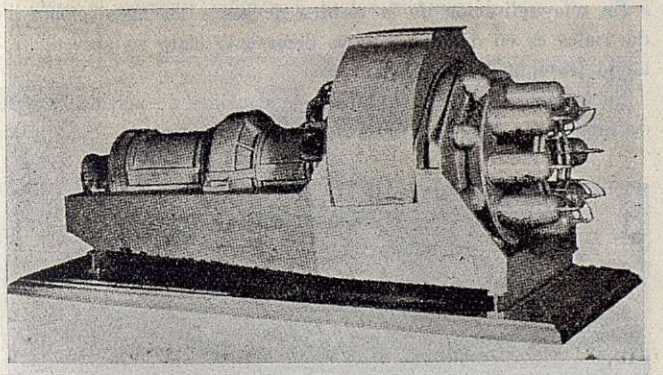


Fig. 7.—*Turbina de gas marina proyectada por la General Electric (maqueta de madera). Tomada de la ref. 5.*

En cuanto al porvenir de la turbina de gas en relación con la propulsión de barcos parece ser extremadamente prometedor. El motor Diesel es de muy buen rendimiento, pero resulta muy difícil construirlos con potencias superiores a los 15.000 CV. Por otra parte, su peso por CV. es realmente elevado, del orden de los 60-70 Kg/CV. para los de grandes potencias. Con las turbinas de vapor se ha resuelto satisfactoriamente la cuestión de la potencia, construyéndose sin muchas dificultades grupos de más de 100.000 CV. Su rendimiento puede ser de hasta un 21 % en las turbinas de buenas características, resultando también más pesadas y voluminosas que las turbinas de gas.

Ya hemos visto que las turbinas de gas proporcionan rendimientos superiores incluso a los de los motores Diesel, y en las instalaciones marinas su peso por CV. es mucho menor que para cualquier otro tipo de motor, no sobrepasando de los 15 Kg/CV. Su inconveniente, quizás más importante, estriba en que el combustible que han de quemar resulta más costoso que el que puede utilizarse en los motores Diesel y en las turbinas de vapor, pues ya vimos en el capítulo de la combustión que las turbinas de gas solamente trabajan bien con la gama de combustibles comprendidos entre la gasolina y el gas-oil, existiendo serias dificultades para que funcionen en buenas condiciones con los combustibles pesados y residuos, que son realmente los de menor precio en la actualidad.

Por debajo de los 1.500 CV. no es de esperar que la turbina de gas tenga mucha aplicación en la Marina, pues no es fácil construir unidades de esta potencia o inferiores que tengan características comparables con los motores Diesel de potencia análoga. En cambio, para potencias superiores a la indicada, y según opinión de autoridades de la mayor solvencia en estas cuestiones (ver referencias), se extiende para la turbina de gas un porvenir extremadamente prometedor en su aplicación a la propulsión de barcos, mucho más prometedor que el de los motores Diesel y turbinas de vapor.

La turbina de gas en su aplicación al transporte por carretera.

Durante la pasada contienda los alemanes trabajaron en diferentes proyectos de turbinas de gas en su aplicación a vehículos terrestres, principalmente orientados en el sentido de su utilización en tanques de combate y camiones militares.

Los proyectos eran de potencias diferentes, oscilando entre los 200 y los 1.000 CV.; pero la organización básica era en todos la misma: un compresor axil de nueve escalones, una cámara de combustión anular y una turbina de tres escalones. No se utilizaba recuperador de calor, y se proyectaba la instalación de un reductor después del compresor, al principio de la transmisión a las ruedas.

Estos proyectos no eran demasiado buenos, debido a dos razones. Por una parte, sin la utilización de recuperador de calor, en estas unidades de pequeña potencia, no puede esperarse obtener rendimientos superiores a 0.20. Además, la utilización de una sola turbina, de uno o varios escalonamientos, proporciona unas características bastante deficientes cuando hay que funcionar con regímenes variables. Por estas razones, estos primeros proyectos fueron abandonados, continuando los alemanes trabajando en otros esquemas, que si bien algo más complicados, proporcionaban muchas mejores características.

La turbina única para accionar el compresor y suministrar potencia a las ruedas fué abandonada, proyectándose motores con turbinas mecánicamente independientes: una para el compresor, y otra para la transmisión. A base de esta misma idea puede organizarse el motor de dos maneras diferentes: con las turbinas en serie, lo que es práctica común, o bien en paralelo, dividiendo el aire al salir de la cámara de combustión en dos partes, que habrán de alimentar las dos turbinas separadamente. El primer sistema es más sencillo y barato, pero el segundo presenta mejores características. En todo caso, mediante el empleo de dos

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

turbinas independientes, se consiguen unas características de par, y un rendimiento funcional con regímenes variables superior al de un motor usual de cilindros.

En sus últimos proyectos, los alemanes habían previsto la utilización de recuperador de calor, con lo que esperaban obtener consumos del orden de los 220 gr/CV/hora.

Desgraciadamente, la guerra malogró estos proyectos, pero sus frutos fueron recogidos por las potencias vencedoras, y especialmente por los ingleses.

La casa Rover Car Co., de Solihull, Birmingham, ha sido la primera fábrica de automóviles que ha construído uno de ellos, accionado por una turbina de gas. Fué terminado en el año 1947, habiendo sido montado el motor en el «chassis» de un automóvil que estaba destinado primitivamente a soportar un motor de cilindros de 75 CV. de potencia al freno.

La turbina de gas Rover es de 100 CV. de potencia. Está constituída por un compresor centrífugo y dos turbinas independientes. El régimen de la primera turbina es de 55.000 r. p. m., y algo más reducido el de la segunda. El motor lleva recuperador de calor y un motor eléctrico de arranque.

El automóvil no necesita cambio de marchas, efectuándose la reducción de régimen entre el motor y la transmisión y en el diferencial.

El peso del motor es solamente de 200 Kg., mientras que el motor antiguo de cilindros pesaba 300. Por tanto, la relación peso/potencia de la turbina de gas, igual a 2 Kg/CV., es del orden de la mitad de la del motor de cilindros.

En la exposición de las industrias británicas de 1948, la casa Centrax presentó otro automóvil impulsado mediante una turbina de gas. El motor tenía un compresor axil de ocho escalones seguido de otro compresor centrífugo, proporcionando entre los dos una relación de compresión de 6 : 1. Debido a esta elevada relación de compresión no se hacía necesario el uso de recuperador de calor, ya que el motor solamente tenía un consumo de poco más de 300 gr/CV/hora, no demasiado elevado para un automóvil. Estaban dispuestas en el motor dos turbinas independientes, la primera funcionando con un régimen máximo de 43.000 r. p. m., y la segunda a 35.000 r. p. m. La potencia del motor era de 160 CV., y su peso igual a 160 Kg., teniendo, pues, una relación peso/potencia igual a la unidad. El combustible normalmente utilizado es el keroseno, pudiendo también funcionar con aceite pesado.

Posibilidades de la aplicación de las turbinas de gas a los automóviles y camiones.

Las posibilidades teóricas y técnicas de la aplicación de las turbinas de gas a los vehículos destinados a marchar por carretera son realmente prometedoras. Pueden dar un rendimiento superior al de un motor de cilindros, pesan muchísimo menos a igualdad de potencia, y no es necesaria la utilización de cambio de marchas.

El inconveniente fundamental que presentan radica en la cuestión económica. Debido a la gran cantidad de materiales especiales; necesidad de dos turbinas; cojinetes de muy buenas características; debido a la necesaria utilización de elevados regímenes, e incluso por el engranaje reductor, resultan las turbinas de gas demasiado caras, bastante más que un motor usual de cilindros. Por esta razón, los mismos ingenieros de las casas Rover y Centrax opinan que, por ahora, no es negocio la fabricación de automóviles con estos motores, aunque sí puede esperarse que para el futuro lo sea, cuando se encuentren materiales más baratos, o bien que permitan trabajar con temperaturas más altas,

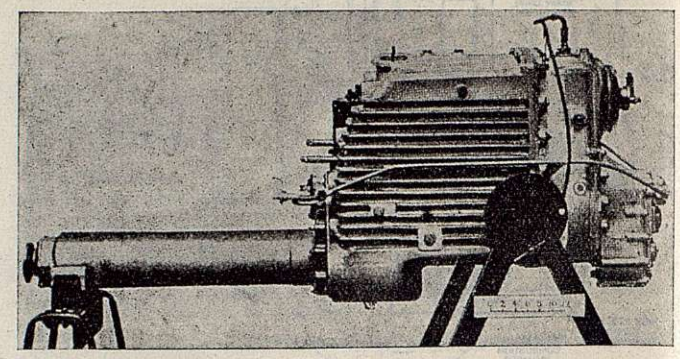


Fig. 8.—*Turbina de gas Rover.* (*Ref.* 6.)

ya que en este caso el considerable ahorro que se produciría en el consumo de combustible compensaría el mayor coste inicial del motor. Esta es la razón de la construcción actual de automóviles con turbinas de gas, pues las fábricas de automóviles desean ir logrando experiencia y propaganda, con vistas a un próximo futuro.

LA TURBINA DE GAS EN SU APLICACIÓN A LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES.

En esta aplicación de la turbina de gas a las instalaciones industriales es en donde no se ve demasiado claro su porvenir, estando las opiniones divididas.

En la actualidad existen varias instalaciones de potencia a base de turbina de gas. En Nueva Jersey, la casa General Electric ha

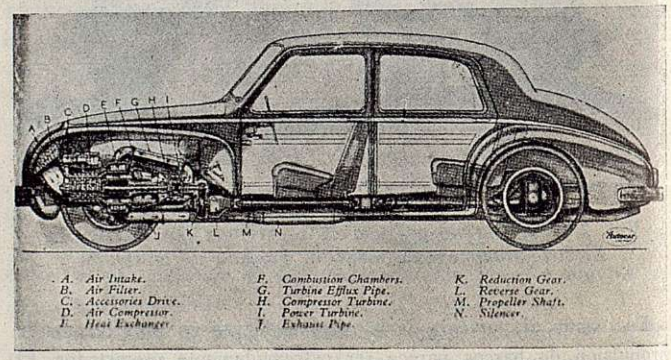


Fig. 9.—*Esquema de la organización de un automóvil con turbina de gas.* (*Ref.* 6.)

construído e instalado diversas turbinas de gas destinadas a funcionar como soplantes en los hornos de fundición.

La casa Brown Boveri ha fabricado diferentes plantas de potencia a base de turbinas de gas con destino a diferentes países y para distintas utilizaciones. Esta misma casa está trabajando con una turbina de gas de tipo experimental que presenta el ma-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

yor interés. Se trata de una turbina de gas de 1.500 Kw. de potencia, en la cual, en vez de combustible se quema carbón finamente pulverizado. Son realmente grandes las dificultades con que hay que contar para resolver satisfactoriamente la combus-

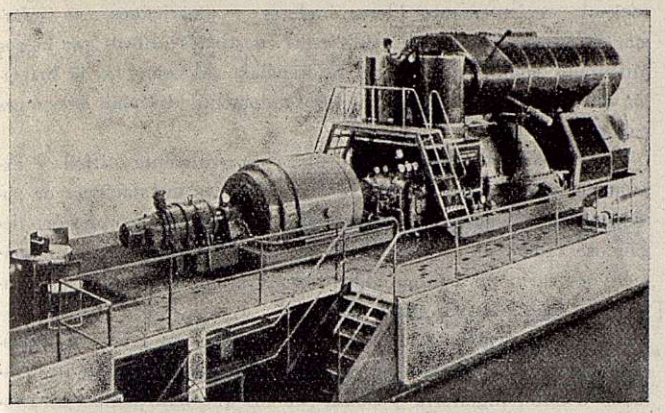


Fig. 10.—*Turbina de gas de 4.000 Kw., instalada como generador de electricidad en Neuchâtel.* (*Ref.* 4.)

tión de carbón en polvo en las turbinas de gas, especialmente en lo que concierne a la eliminación de cenizas y a evitar la formación de depósitos carbonosos. Para la resolución de este problema presenta el mayor interés, ya que el día que resulte viable, la turbina de gas podrá competir ventajosamente con cualquier tipo de motor y para cualquier clase de instalación industrial.

Mientras que no se resuelva satisfactoriamente este problema del carbón en polvo, volvemos a repetir que no resulta demasiado claro el porvenir industrial de las turbinas de gas. Su quizá

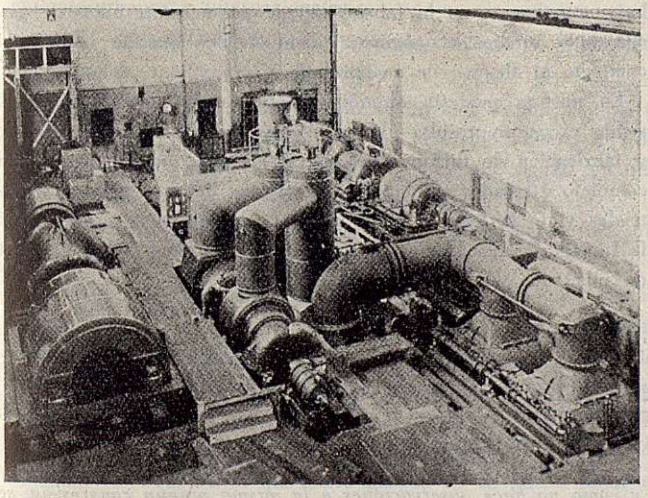


Fig. 11.—*Turbina de gas Brown Boveri de 10.000 Kw. de potencia destinada a una central de energía eléctrica de Bucarest. Al fondo y a la derecha, puede verse otra turbina de gas de 4.000 Kw. destinada al Perú. Ambas están en los bancos de pruebas de la Brown Boveri.* (*Ref.* 4.)

más importante ventaja, de su pequeña relación peso/potencia, no tiene demasiado interés para instalaciones fijas, en las que tampoco es importante su reducido tamaño. Mientras sus rendimientos no se eleven por encima de los de los motores industriales, no podrán ser de gran aceptación. Ciertamente que con las turbinas de gas puede conseguirse actualmente rendimientos bastante elevados, pero es a costa de instalar recuperadores de calor o de incrementar grandemente su relación de compresión, lo que lleva consigo una disminución en la relación potencia útil/potencia gastada en la compresión. Estas dos soluciones encarecen el motor, ya de por sí relativamente caro, inconveniente que se agrava con la necesidad de consumir combustibles más costosos que los que se utilizan en otros tipos de motores.

Por tanto, y aunque no pueda decirse que tengan muy malas características comparativas, de momento quedan en un segundo plano las turbinas de gas industriales, que solamente tendrán una verdadera aplicación cuando el factor peso sea importante o sea difícil encontrar agua en abundancia.

Pese a las opiniones contrarias que hemos citado, hay también muchas autoridades en la materia que pronostican un magnífico porvenir para las turbinas de gas en instalaciones fijas, especialmente cuando se aumenten las temperaturas de trabajo; y unos y otros están de acuerdo que si se resuelve favorablemente la combustión del carbón en polvo, se abre un porvenir inmediato del mayor interés para las turbinas de gas.

REFERENCIAS

ADOLF MEYER: *The First Gas Turbine Locomotive.*—The Institution of Mechanical Engineers, Proceedings, 1943, vol. 150.

HAYNE CONSTANT: *The prospects of Lad Marine Gas Turbine.*—The Institution of Mechanical Engineers, Proceedings, 1948, vol. 159.

ADOLF MEYER: *The Combustión Gas Turbine; Its History, Development and Prospects.*—The Institution of Mechanical Engineers, Proceedings, 1949, vol. 141.

A. W. JUDGE: *Modern Gas Turbines.*—Chapman and Hall, London, 1947.

R. T. SAWYER: *The Modern Gas Turbines.*—Prontice-Hall, New York, 1946.

G. GEOFFREY SMITH: *Gas Turbines and Jet Propulsión.*—Iliffe and Sons, London, 1950.

CONCLUSIONES FINALES

A todo lo largo de esta Memoria, y especialmente en el estudio de las aplicaciones de las turbinas de gas, ha sido posible darse cuenta de la importancia fundamental que presentan en el momento actual, importancia que habrá de incrementarse hasta grados insospechados en un futuro muy próximo.

Hemos podido observar que para la Aviación ha resultado ser la turbina de gas un sistema motopropulsor perfectamente idóneo, debido a su reducida relación peso/potencia, y a los grandes valores que se logran en la también importantísima relación empuje/área frontal; razones por las cuales se han hecho imprescindibles en los aviones de caza, y aplicándose cada vez con mayor frecuencia a los aviones de bombardeo y a los destinados al transporte civil de pasajeros.

También hemos podido ver que si bien todavía en sus comienzos las turbinas de gas presentan magnífico porvenir en casi todos los terrenos de la industria, y muy especialmente en su aplicación directa como motores de transporte en cualquiera de sus divisiones: marítimos, ferrocarriles y automóviles.

Destaca todavía más la importancia de las turbinas de gas cuando se analiza el poco tiempo que han necesitado para alcanzar

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

el satisfactorio estado actual, y el enorme campo de posibilidades que ofrecen para el futuro: mejora de los actuales materiales metálicos, álabes cerámicos, recuperadores de calor, ciclos mixtos, motor «Compound», incrementadores de empuje, combustión de carbón en polvo, etc., etc.; procedimientos y mejoras susceptibles todos ellos de perfeccionarse en muy poco tiempo, con lo que se conseguirían incrementos notables en casi todas las características de la turbina de gas, que la llevarían a competir en todos los terrenos con cualquier otro tipo de motor.

Pero sin necesidad de pensar en el futuro, en la actualidad, la turbina de gas es un motor al que debe concederse la máxima atención, ya que hemos visto que aún en el estado en que se encuentra hoy día puede cumplir a la perfección multitud de cometidos en competencia con la mayoría de los motores realizados hasta la fecha.

Como consecuencia inmediata de estos hechos incontrovertibles se destaca la atención que en nuestro país debemos conceder a este nuevo tipo de motor.

Es un hecho lamentable, pero verdaderamente cierto, que en España no podemos decir ni siquiera que estamos atrasados en la fabricación de turbinas de gas, ya que todavía no se ha intentado proyectar ni construir ningún tipo de este motor. Aún más, con frecuencia en nuestro país se encuentra en algunos aspectos atrasada la técnica; pero esto en cuanto a su realización práctica por falta de medios, pues es un hecho comprobado que nuestros ingenieros se encuentran situados en un nivel de conocimientos teóricos y técnicos que puede compararse con el de la mayoría de los existentes en los demás países. Pues bien, no es esto lo que sucede con las turbinas de gas, sino que, como norma general, es bastante grande el desconocimiento que existe sobre estas cuestiones; hecho que puede observarse en nuestras publicaciones técnicas, libros y revistas, que, o bien no tratan de estas cuestiones, o lo hacen en forma elemental y breve.

Entre el personal no especializado es verdaderamente notable la confusión que puede observarse. Los motores de reacción son para la mayoría entes misteriosos que se mueven obedeciendo a leyes desconocidas. A ello ha contribuído la desgraciada nomenclatura de origen francés, que se ha adoptado para las turbinas de gas en su aplicación como motores de aviación, y mucho también algunas publicaciones, artículos y libros, que con carácter técnico o de divulgación, y escritos con poco conocimiento de causa, no han hecho más que aumentar el desconocimiento existente.

Resulta difícil y desde luego laborioso, estudiar y profundizar en el conocimiento de las turbinas de gas, ya que toda la información hay que buscarla en el extranjero, y en las que, como en toda cuestión o invento de reciente aparición, la información técnica tratando de ella suele encontrarse dispersa y sin una completa unidad de doctrina. Afortunadamente, han ido apareciendo recientemente libros ingleses y americanos con información bastante completa sobre estas cuestiones; libros que hemos procurado incluir en nuestras referencias, así como la de artículos en los que se tratan más profundamente diversas cuestiones particulares.

La experimentación sobre turbinas es realmente difícil y extremadamente costosa. Son necesarias enormes instalaciones de potencia, tanto como haya de ser consumida en la compresión, llegándose fácilmente a los 8 ó 10.000 CV. Por otra parte, es también necesario un equipo industrial escogido, y disponer de materiales especiales en grado sumo.

Por ello, únicamente los países con un elevado grado de industrialización y con poderosos recursos económicos, como los Estados Unidos, Inglaterra y Suiza, son los que han podido desarrollar y construir diversos y numerosos prototipos de turbina de gas.

Existe un recurso para las naciones que no cuentan con dichos medios económicos. Es ello el comenzar los trabajos de experimentación y construcción sobre motores de pequeña potencia. Su proyecto es tan difícil, o quizá más, que el de uno de gran potencia, pero su experimentación y las instalaciones necesarias son infinitamente menos costosas. Estos pequeños motores, con potencias del orden de los 100 CV., pueden tener por sí mismos una real utilización, y sobre todo, con ellos se adquiriría experiencia para una futura fabricación de motores más potentes, en la que ya se marcharía con un buen grado de conocimiento. Este mismo procedimiento ha sido llevado a la realidad por la casa Boeing, en los Estados Unidos, y en Francia, la casa Turbomeca trabaja actualmente en la fabricación de pequeñas turbinas de gas, con unos medios económicos e industriales que se hallan por completo al alcance de nuestro país.

En nuestra modesta opinión, aunque el problema sea difícil, arduo y costoso, resulta necesario comenzar en España el estudio y fabricación de turbinas de gas, si no queremos quedarnos por completo atrasados en muchas cuestiones de instalaciones industriales y de la técnica del transporte, y muy especialmente para la Ingeniería Aeronáutica, de la que nos honramos formando parte de ella.

Madrid, mayo 1950.

Al final de esta exposición, y como no hace observaciones a la misma ningún congresista, se pasa al siguiente trabajo, de cuyo contenido el autor da amplio extracto.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 190.-Sistema multicanal español telefónico y telegráfico

Autor: D. JOSÉ RUIZ DE GOPEGUI
Ingeniero de Telecomunicación

1.—UNA NECESIDAD NACIONAL.

En todos los países que cuentan en el concierto del mundo, las redes de comunicación a distancia están modernizándose y expansionándose a gran velocidad. Por lo que respecta a Europa, ha contribuído a ello la necesidad de reemplazar las instalaciones destruídas por la guerra, y, en todo el mundo, el hecho viene impuesto por tres nuevos aspectos de la telecomunicación, surgidos con la postguerra:

1.º El rápido incremento del tráfico, que obliga a establecer gran número de canales de comunicación.

2.º La extensión de la conmutación automática a las conexiones interurbanas e internacionales.

3.º El desarrollo de nuevos servicios: telegrafía automática, radiodifusión, telefotografía, televisión...

Aunque en España queramos prescindir del último —y ya es prescindir, porque la televisión camina arrolladoramente, no sólo en América, sino también en Europa, y hay que pensar en que, sin tardar mucho, se plantee en nuestra patria la necesidad de hacer retransmisiones de televisión—, los dos primeros son suficientes para producir una seria preocupación.

Lo mismo el tráfico telegráfico que el tráfico telefónico, crecen, crecen, crecen... y crecerían mucho más si se dieran de buena calidad y con rapidez. Ello impone la necesidad de enlazar los centros con manojos muy densos de circuitos o con grupos numerosos de canales. La unidad del futuro —la de hoy mismo, en otros países— no es el circuito, sino el grupo de 16, de 60, o de 300 canales. Y es obvio que estos grupos no se puede soñar en proporcionarlos prodigando en la misma ingente proporción los pares de hilos conductores.

En el segundo aspecto, cabe señalar que no existen dificultades técnicas que impida extender a las llamadas interurbanas la conmutación automática que en las comunicaciones urbanas ha puesto de manifiesto la viabilidad de obtener un servicio rápido y eficaz, completando cualquier conexión en unos pocos segundos. Ahora bien, esta automatización requiere gran incremento del números de enlaces entre centros interurbanos colindantes, si bien y como contrapartida favorable, los circuitos directos entre dos puntos cualesquiera son menos necesarios (1).

Hay, pues, que arbitrar recursos para aumentar, en número muy considerable, los canales de comunicación interurbanos, y no estará de más examinar, rápidísimamente, los métodos de que la técnica dispone para lograrlo.

II.—MÉTODOS DE TRANSMISIÓN MÚLTIPLE.

No se había descubierto todavía el teléfono, cuando ya la congestión del tráfico telegráfico y la conveniencia de economizar el costoso material de las líneas, indujeron a los técnicos a buscar procedimientos de transmitir simultáneamente varios telegramas por el mismo circuito, y no más tarde de 1860, es decir, en los orígenes mismos del desarrollo de la telecomunicación, surgieron en la mente de los investigadores los dos métodos de multiplicación que hoy exclusivamente se aplican: el de *superposición* o separación de frecuencias y el de *yuxtaposición* o división de tiempo. Los principios de ambos son bien conocidos; en el primero es, la posibilidad de diferenciar las señales por la frecuencia del parámetro eléctrico que les sirve de vehículo; en el segundo, la de interpretarlas por el instante en que se producen.

Con el transcurrir de los años, ambos métodos hubieron de correr suertes diversas: Al principio fué el de yuxtaposición el que alcanzó rápido auge, y ejemplo característico es el aparato Baudot, que, durante casi medio siglo, ha monopolizado el favor de la mayor parte de las Administraciones de Telégrafos europeas; luego, a raíz de la primera guerra mundial, se produjo una virada brusca, y, primero en telefonía y sin tardar mucho en telegrafía, el método de superposición empezó a prevalecer sobre el de yuxtaposición, hasta llegar a suplantarlo; por último, en la época actual, y como consecuencia de las enseñanzas adquiridas en la última conflagración con la aplicación del radar, el método de yuxtaposición vuelve por sus fueros, reconquistando el terreno

(1) En las redes automáticas los circuitos directos son mucho menos necesarios que en las redes explotadas manualmente, circunstancia que cuadra con la mejora del rendimiento, ya que éste es mayor en los grupos de circuitos grandes que en los pequeños.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

que había perdido, y esto, no sólo en el campo de sus antiguos triunfos, la telegrafía, sino en el que, dada su característica manera de funcionar, menos podía esperarse, el de las transmisiones telefónicas.

Llegadas así las cosas a su perfecta madurez, hoy ninguno de los dos métodos excluye al otro. Bien conocidos los inconvenientes y las ventajas de cada uno y las dificultades de sus realizaciones respectivas, han podido fijarse sus campos de aplicación para llegar al máximo rendimiento de los diversos medios de comunicación. La divisoria está en el orden de magnitud de las frecuencias utilizadas: Con frecuencias hasta las decenas o centenas de megaciclos, el método de superposición es el mejor. Con frecuencias superiores al millar de megaciclos entra en juego el de yuxtaposición, que puede aplicarse solo o combinado con el anterior. De aquí que este segundo se haya reservado a las comunicaciones radioeléctricas con haces dirigidos de frecuencias ultra y superelevadas, mientras que en las comunicaciones con hilos —aéreos, en cables de pares equilibrados y en cables coaxiles— es el de superposición, es decir, el de separación de frecuencias, el que prevalece y se desarrolla con una rapidez y en tales proporciones que no pueden menos de sobrecoger al que observe objetivamente la situación de España.

III.—EVOLUCIÓN DE LAS REDES EN ESPAÑA

Se ve así la necesidad de dotar a las entidades explotadoras de servicios de telecomunicación de medios para aumentar el rendimiento de sus líneas. No quiere esto decir que no haya de pensarse en establecer otras nuevas. En los planes a largo plazo habrá que prever la instalación de cables coaxiles y de haces de ondas dirigidas; pero el problema urgente, y en todo caso insoslayable, es el de sacar el debido rendimiento de las costosas líneas actuales, que valen muchos cientos de millones de pesetas, y que, en más de un 90 % de su extensión, no están explotadas más que en pequeñísima parte de su capacidad.

Esto requiere disponer de muchos equipos de transmisión múltiple por superposición. Los sistemas de esta clase son aplicables a las líneas aéreas y a los cables de pares, y, en diferente escala, son también aplicables a los cables coaxiles y a los haces dirigidos o cables inalámbricos. Debemos examinar someramente qué es lo que en este aspecto se ha hecho en España, y qué es lo que en un futuro inmediato se puede hacer.

La explotación de los sistemas de 3 canales empezó hacia el año 1922, y España no anduvo remisa en su utilización. Entre los primeros que se pusieron en servicio en Europa figuran los de Madrid-París, Madrid-Londres y Barcelona-París, que, allá por el año 1928, resolvieron el problema de nuestras comunicaciones telefónicas internacionales. Entre el año 28 y el 30 se instalaron en la red telefónica 22 sistemas más, que proporcionaron 36.000 kilómetros de canal, lo cual en aquella época constituía casi un lujo, y, desde luego, un alarde en relación con lo hecho en la mayor parte de los países de Europa (1).

A partir de entonces, la crisis económica mundial del año 30, primero, las circunstancias políticas de España después, la guerra de Liberación más tarde y los problemas de la postguerra, por último, impidieron todo desarrollo hasta los años 45 y 46, en los que se proyectaron y empezaron a instalarse algunos nuevos sistemas de 3 canales, y hasta doce, más modernos, de 12. La RENFE y algunas empresas de Electricidad también hicieron algo. Pero todo en dosis pequeñísimas (1). Y todo, absolutamente todo, con material extranjero, que era necesario pagar en divisas, de donde deriva la situación actual: Tenemos sistemas multicanales en número incomparablemente inferior al que nuestras necesidades y nuestras posibilidades de explotación requieren, y no sabemos fabricarlos. Lo primero, es lamentable; lo segundo, es grave, porque, mientras las necesidades se cubrían con un sacrificio pequeño, era cómodo traer los sistemas de fuera. Pero hoy, que aquéllas han crecido de modo exorbitante, no se puede pensar en que España se desprenda de todas las divisas que la puesta al día habría de exigir, y en que abra permanentemente la espita de oro necesaria para mantenerse al nivel de los otros países.

Con estos antecedentes, el dilema se ve claro: O nos lanzamos a construir, haciendo frente a toda la carrera de obstáculos que hay que vencer para crear una técnica nueva, o nos resignamos a vivir —en este campo de las comunicaciones eléctricas a distancia— en una situación del permanente y cada vez más pronunciado atraso. Y por mucho que nos duela, por la demora que puede suponer en el logro de realizaciones brillantes, para desarrollar esta técnica, habrá que empezar por el principio, esto es, por los sistemas que utilizan kilociclos, para llegar luego a los megaciclos y millares de megaciclos. No sólo por razones de adiestramiento del personal, sino porque en el momento actual cien millones de pesetas en estos sistemas podrían ponerse en servicios inmediatamente en las redes ya existentes, sin agotar sus posibilidades ni saturar la capacidad de tráfico del público español (2).

Nadie puede negar esta dolorosa verdad: España, que el año 1930 podía mirar con orgullo a las naciones más adelantadas de Europa en el campo de las comunicaciones eléctricas a distancia, hoy se está quedando rezagada en una medida tal que antes de diez años, si no se le busca remedio, la situación habrá adquirido proporciones de desastre.

IV.—PRINCIPIO DE SOLUCIÓN.

Los trabajos ya llevados a feliz término en el Laboratorio del Instituto Nacional de Electrónica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas son prueba evidente de que la tarea de dise-

(1) Por ejemplo, en Inglaterra, el año 1930 sólo había en servicio 4 de estos sistemas; en Francia, 2; en Italia, 2; en Checoslovaquia y en Hungría 1, etc.

(1) El total de sistemas hoy en servicio en España no llega a un centenar; y en Francia, por ejemplo, excede mucho del millar.

2) Esta aseveración es muy moderada: De los 150.000 kilómetros de circuito aéreo de cobre que hay actualmente en la Red Telefónica, sólo 15.000 se explotan en múltiples, y de los 135.000 restantes, más de la mitad están esperando la aplicación de estos equipos. Pues bien, admitamos que sólo 60.000 kilómetros de circuito puedan multiplicarse por el momento. Tomando como longitud media de ruta para un sistema 400 kilómetros (cifra que elegimos deliberadamente alta, para ponernos en condiciones desfavorables), resulta que podrían instalarse, desde luego, 150 sistemas. Un sistema de 3 canales cuesta 15.000 libras; uno de 1 canal cuesta 4.000 dólares. Distribuyendo estos dos tipos en la proporción de 2 a 3, harían falta 60 sistemas de 3 canales y 90 de uno, lo cual hace un total de 900.000 libras y 350.000 dólares.

No se ha tenido en cuenta en este cálculo ni la red telefónica de cables, ni las redes del Estado y de la RENFE.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

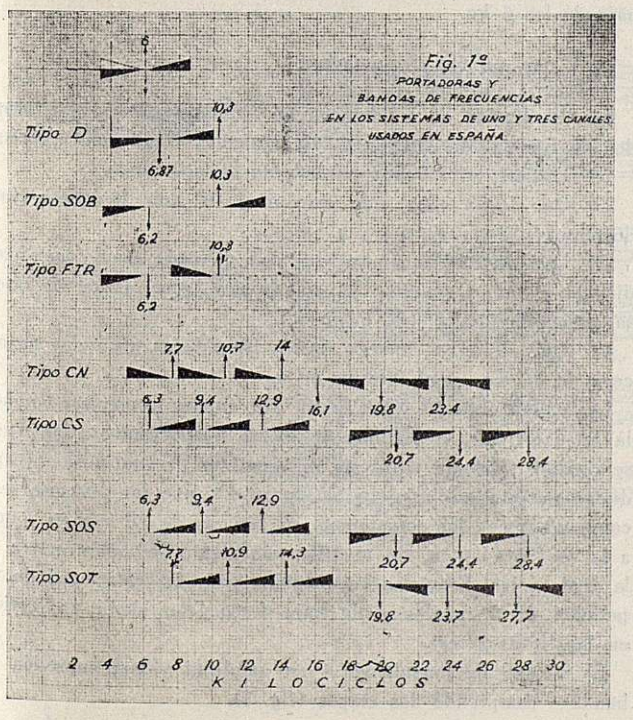
ñar y construir estos sistemas es empeño que puede acometerse en España. Con la ventajas de que, en plazo breve —no mayor y probablemente menor de un par de años—, podríamos tener a punto prototipos de sistemas adaptados a nuestros necesidades y a las especiales características de nuestras redes alámbricas. Lo cual es justamente lo contrario de lo que ahora, lamentablemente, acontece, puesto que, cuando hay posibilidad de importar, se importa lo que se encuentra, que es útil, desde luego, pero no lo más útil; y, como lo importado hoy es casi siempre distinto de lo importado ayer, las redes están adquiriendo una contextura incompatible con su normal conservación y con la ordenación y economía de su futuro desarrollo.

En este Proyecto se exponen las líneas generales y el estudio particular de un sistema de 8 canales telefónicos y 9 telegráficos, más otro también telegráfico de órdenes, sistemas que se ha proyectado con el pensamiento puesto en las necesidades actuales en las redes españolas. Se recogen en él ideas y principios que hoy se aplican en otros países a sistemas de mayor número de canales y que pueden adaptarse a un sistema español relativamente barato, que es quizá el que, dada la situación de nuestras redes, mejor conjuga con sus posibilidades y mejor atiende a sus apremiantes necesidades. Tiene también ideas nuevas y es totalmente original en su concepción de conjunto.

La ruta así emprendida sería el principio de un camino que no tiene fin, hacia el logro de sistemas más complejos, aplicables a comunicaciones con hilos y sin hilos.

V.—LÍNEAS GENERALES DEL SISTEMA PROPUESTO.

Se vienen utilizando en España (Compañía Telefónica y RENFE, principalmente) sistemas telefónicos de 1 y 3 canales superpuestos a la comunicación normal en baja frecuencia. La anchura de la banda de cada vía abarca desde 350 hasta 2.700 ciclos, de suerte que proporcionan comunicaciones de calidad media, no admitidas en el tráfico de larga distancia internacional, pero suficientes para el tráfico interior. Para la llamada se utilizan, en general, equipos individuales, bastante complicados, que suministran una corriente de 300 o de 1.000 ciclos, interrumpidos 17 veces por segundo.



La disposición de las bandas de los varios tipos en servicio de estos sistemas se muestra en la figura 1.ª Esta disposición no está coordinada en los diferentes tipos para su explotación simultánea en una misma línea, de donde resulta que en muchos casos es difícil o imposible llevar varios de ellos por una misma ruta, lo cual es un gran inconveniente desde el punto de vista de la explotación.

Nos fijaremos especialmente en los sistemas de tres vías, ya que los de una sola no merecen consideración especial, si no es en rutas muy cortas.

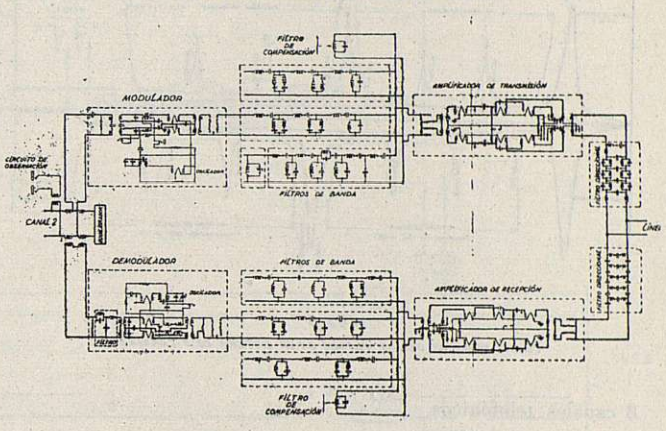
El esquema de una terminal aparece en la figura 2.

El de un amplificador de línea o repetidor en la figura 3.

El de un equipo de llamada en la figura 4.

Y las curvas teóricas de los filtros en la figura 5.

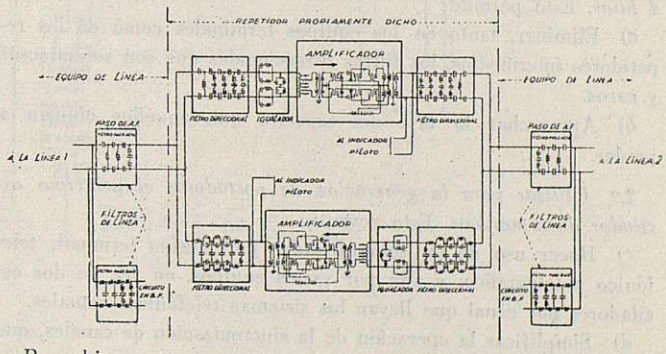
FIG 2: ESQUEMA GENERAL DE UN TERMINAL EN SERVICIO



Con dos sistemas de esta clase, superpuestos en los dos circuitos metálicos de un grupo de cuatro conductores de línea, se obtienen seis *canales telefónicos* en frecuencia-soporte por los cuatro hilos (fig. 6).

Fig. 3

ESQUEMA GENERAL DE UN REPETIDOR DE LÍNEA



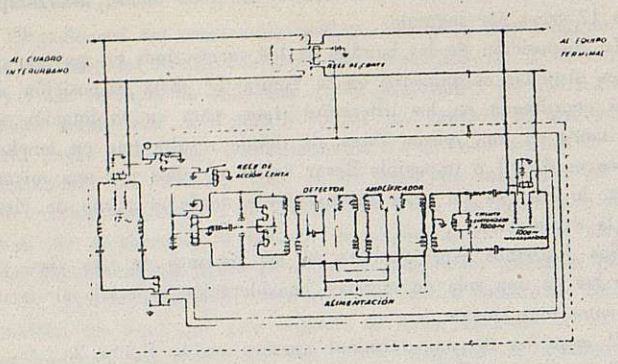
Pues bien:

Con la misma anchura de banda por vía, y el mismo margen aproximado de frecuencias transmitidas, y con una cantidad relativa de equipo mucho menor y más uniforme, se pueden obtener en frecuencias-soporte:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

FIG. 4

ESQUEMA SIMPLIFICADO DE UN EQUIPO DE LLAMADA A 1000 PERIODOS, INTERRUMPIDOS 17 VECES POR SEGUNDO



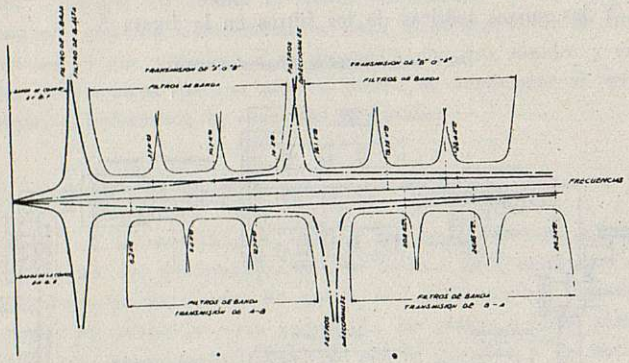


FIG. 5

CURVAS TEORICAS DE LOS FILTROS EN UN SISTEMA DE 3 CANALES

8 canales telefónicos.
9 canales telegráficos.
1 canal de impulsos para órdenes de servicio.

A este extraordinario aumento del rendimiento de la línea, de los equipos y de la región de frecuencias puesta en juego, se llega a los principios siguientes:

1.º *Transmisión de un circuito metálico del grupo y recepción por el otro*, esto es, aplicación del principio *de transmisión con 4 hilos*. Esto permite:

a) Eliminar, tanto en los equipos terminales como en los repetidores intermedios, los filtros direccionales que son voluminosos y caros.

b) Aprovechar la faja del espectro que aquéllos obligan a perder.

2.º *Utilizar para la generación de portadoras el principio oscilador de armónicos*. Esto permite:

c) Hacer uso de un solo oscilador por equipo terminal, telefónico o telegráfico, y aún por varios equipos, en vez de dos osciladores por canal que llevan los sistemas telefónicos actuales.

d) Simplificar la operación de la sincronización de canales, que es la más penosa de la conservación de los sistemas.

3.º *Aplicar el método de modulación múltiple*. Esto permite:

e) Simplificar la construcción de los filtros.

f) Unificar y, por tanto, hacer intercambiables muchos de los elementos constitutivos de cada sistema.

g) Economizar espacio del espectro en la superposición de las bandas de las diferentes vías.

4.º *Utilizar un nuevo principio de llamada*: En cada terminal se dispondrá de un generador único (de 2.400 ciclos en un extremo y de 2.500 en el otro). Esta corriente modula la portadora de cada vía y se transmite dentro de la banda correspondiente; en el lado de recepción se rectifica en equipos individuales, provistos de un tubo y dos «relés», que introducen la corriente de llamada local. Con esto se consigue:

h) Simplificar el equipo de cada canal.

i) Evitar las llamadas intempestivas y la sobrecarga de los amplificadores.

Las nueve ventajas enumeradas son de gran importancia, tanto desde el punto de vista técnico como por lo que afecta a la explotación. Y aún hay otra: el sistema podrá aplicarse indistintamente a líneas aéreas y a cables sin carga, sin necesidad de variar con una nueva modulación la posición de las bandas transmitidas. En los entronques de línea aérea y cable, una estación repetidora normal, con un transformador de impedancias a la entrada o a la salida, permitirá pasar de aquélla a éste o recíprocamente, y los terminales del sistema sólo serán necesarios en los extremos del circuito mixto constituído por línea aérea y cable. Este aspecto tiene en España extraordinario interés, porque la Red Telefónica dispone de más de 25.000 kilómetros de circuito de cuatro hilos en cable sin cargar, que está muerto, ya que no se puede explotar en baja frecuencia, ni en alta con los sistemas actuales.

VI. ESTUDIO PARTICULAR

Las ocho vías telefónicas de cada sentido de propagación se transmitirán por ocho bandas comprendidas entre 6 y 30 Kc. La banda novena situada entre 30 y 33 Kc., se destina a las nueve vías telegráficas. El canal de órdenes se sitúa un poco por debajo de los 6 kc.

VI. 1. Modulación telefónica.

La distribución de las bandas de frecuencias en ambos sentidos de transmisión atiende a las siguientes condiciones previas:

1.ª Utilizar un número mínimo de ondas-soporte.

2.ª Que todas ellas sean armónicos de una frecuencia fundamental.

3.ª Que las bandas de las dos vías de cada canal, correspondientes a ambos sentidos de transmisión, sean, entre sí, inversas (una, directa, y otra, invertida).

4.ª Que el límite superior de las frecuencias utilizadas no exceda de 33 Kc. ni el inferior de 6.

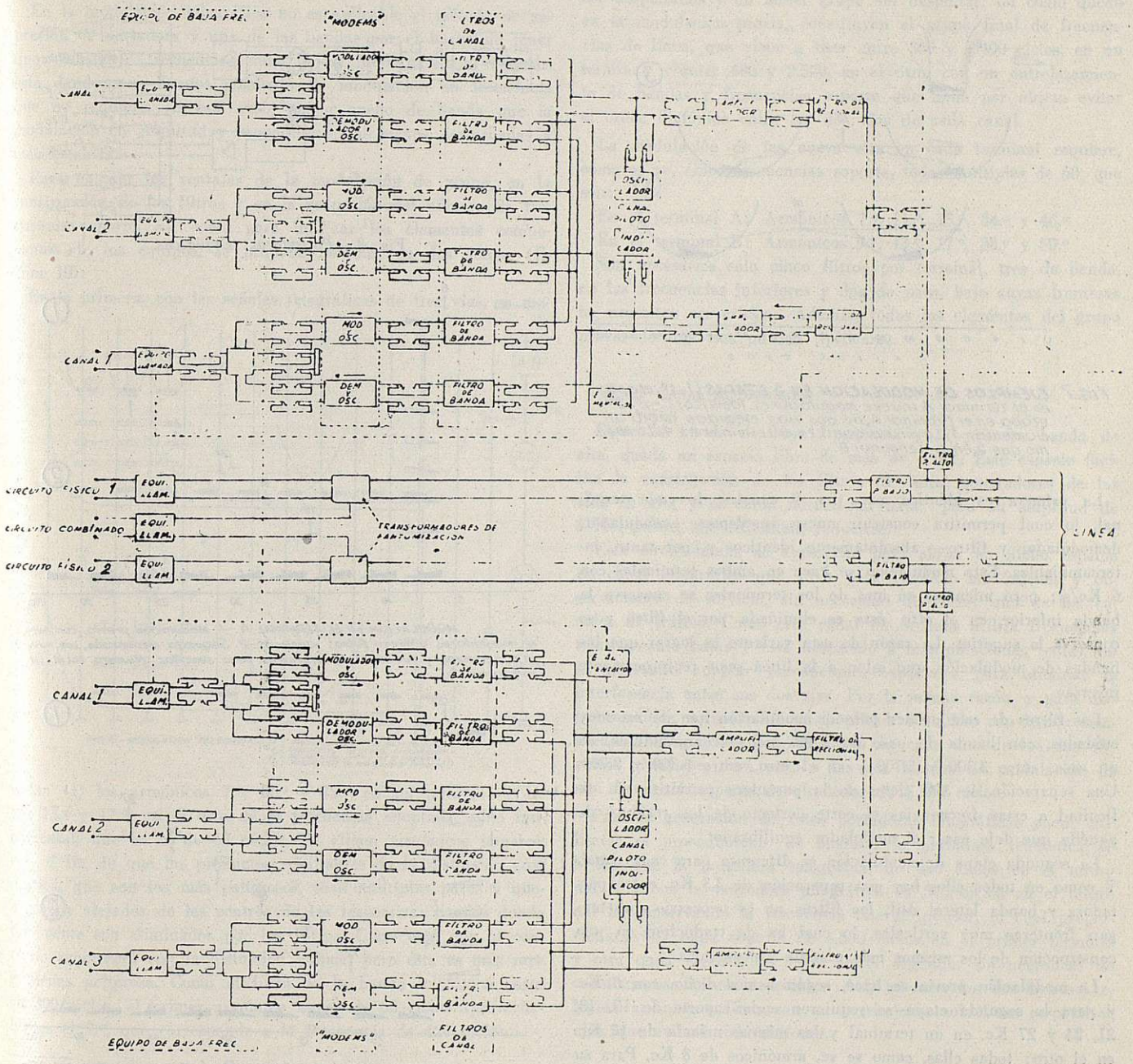
Las condiciones 1.ª y 2.ª tienen por objeto economizar equipo; la 3.ª hacer que, si por una deficiente trasposición de las líneas se produce diafonía entre los dos sentidos de transmisión (paradiafonía), ésta sea ininteligible, y la 4.ª, que los sistemas sean compatibles con los actualmente en servicio de 12 canales y que, a la vez, se adapten, sin modificación alguna de la estructura de la Red, a las distancias establecidas para las estaciones de repetición de 3 canales y de baja frecuencia, ahora en servicio en las líneas aéreas.

El método de modulación —en amplitud y con supresión de banda— comprende dos etapas (fig. 7).

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

FIG 6

GRUPO DE DOS CIRCUITOS METÁLICOS CON SEIS CANALES TELEFÓNICOS SUPERPUESTOS



FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

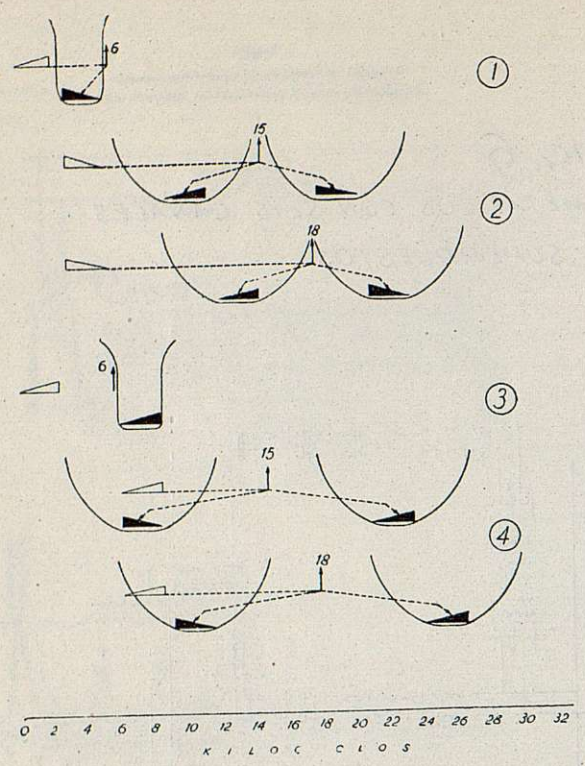


FIG. 7 EJEMPLOS DE MODULACION EN 2 ETAPAS: 1: 1ª etapa en el terminal A (nueve moduladores idénticos).–2: 2ª etapa en el terminal A, de dos vías elegidas arbitrariamente.–3: Lo mismo que 1, en el terminal B.–4: Lo mismo que 2, en el terminal B.

La primera es idéntica para los 9 canales de cada terminal, lo cual permitirá construir nueve «modems» —modulador, demodulador y filtro— absolutamente idénticos y, por tanto, intercambiables. Esta modulación se hace en ambos terminales con 6 Kc/s.; pero mientras en uno de los terminales se conserva la banda inferior, en el otro ésta es eliminada por el filtro y se conserva la superior. La razón de esta variante es lograr que las bandas de modulación que salen a la línea sean recíprocamente inversas.

Los filtros de este primer paso de modulación han de ser muy cuidados, con banda de paso de 2.400 ciclos, comprendidos, en un caso, entre 3.300 y 5.700 y en el otro, entre 6.300 y 8.700. Una separación de 300 ciclos de la portadora permitirá sin dificultad a estas frecuencias el corte perfecto de los residuos de aquélla que deje pasar el modulador equilibrado.

La segunda etapa de modulación es diferente para cada canal. Y como en todos ellos hay una separación de 3,3 Kc. entre portadora y banda lateral útil, los filtros no es necesario que tengan fronteras muy verticales, lo cual ha de traducirse en una construcción de los mismos más sencilla y económica.

La modulación previa se hace, según hemos dicho, con 6 Kc. y para la segunda etapa se requieren ondas-soporte de 15, 18, 21, 24 y 27 Kc. en un terminal y las mismas más la de 12 Kc. en el otro; todas ellas, como se ve, armónicos de 3 Kc. Para su generación se propone un oscilador maestro estabilizado en esta frecuencia fundamental y un generador de armónicos: impares, mediante deformación en una bobina de hierro saturada, y pares, por rectificación de los anteriores (fig 8).

En la figura 9 se muestran las dos etapas de modulación, las portadoras necesarias y la distribución final de las bandas de vía.

VI. 2. Modulación telegráfica.

El teletipo es el aparato telegráfico ideal y el que más tiende a desarrollarse en España; su velocidad telegráfica es de 50 baudios, esto es, de 50 impulsos por segundo, que, con el código de 5 impulsos por letra, hace una velocidad de transmisión de 10 letras por segundo o 120 palabras, aproximadamente, por minuto, y como el rendimiento de los sistemas basados en el alfa-

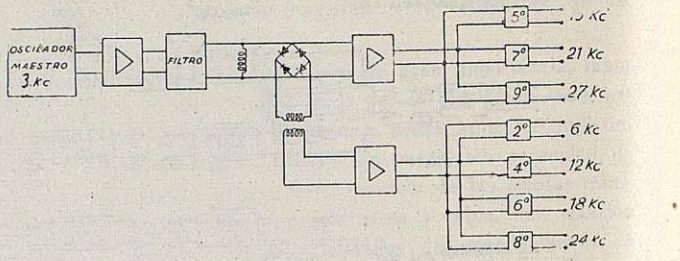
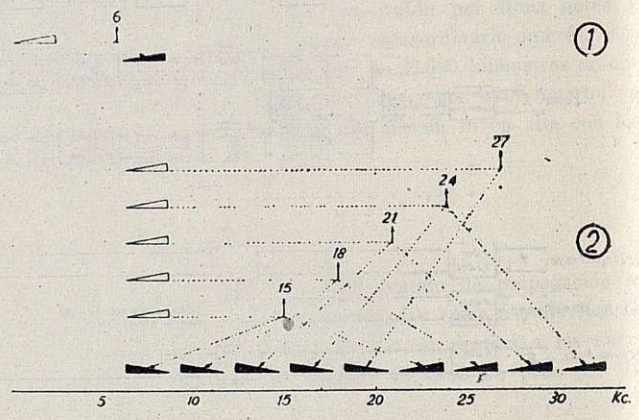
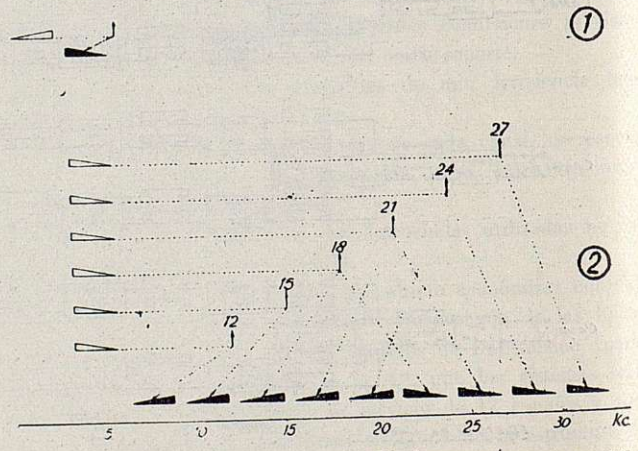


Fig. 8.—*Portadoras telefónicas.*



MODULACIÓN EN EL TERMINAL A.–1: Modulación previa, con nueve moduladores y nueve filtros idénticos.–2: Segunda modulación, con nueve moduladores y nueve filtros diferentes pero sencillos. Número total de portadoras 6.



MODULACIÓN EN EL TERMINAL B.–1. Modulación previa, con nueve moduladores y nueve filtros idénticos.–2: Segunda modulación, con nueve moduladores y nueve filtros diferentes pero sencillos. Número total de portadoras 7.

FIG. 9: MODULACION TELEFONICA

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

beto de cinco signos es de 4,8 palabras por minuto, a aquélla velocidad de transmisión corresponderá una banda lateral modulada de 25 ciclos y, por tanto, una banda de manipulación de 50. Para dar paso a esta banda se acostumbra utilizar vías de 120 ó de 240 ciclos de anchura. Elegimos esta última porque hará más fácil la construcción de los filtros y porque es suficiente para el número de canales que se desean, que es, según se dijo, de 9. Todos ellos se alojarán en la parte más alta del espectro de frecuencias de línea del sistema, esto es, en el canal telefónico comprendido entre 30 y 33 Kc.

En la modulación telegráfica no es aplicable el método de supresión de portadora y una de las bandas por el hecho de tener que transmitir frecuencias muy bajas. Modernamente, además, está dando muy buenos resultados la modulación en frecuencia que no requiere, en este caso, mayor ancho de banda que la modulación en amplitud y proporciona vías menos perturbadas y más estables.

Para obtener las ventajas de la modulación de grupo, en la construcción de los filtros y en la reducción del número de frecuencias-soporte, así como para unificar los elementos componentes de los equipos, se propone modular en dos etapas (figura 10):

En la primera, con las señales telegráficas de tres vías, se modulan (1) los armónicos 7.º, 11.º y 15.º en un terminal y los 9.º, 13.º y 17.º, en el otro de la frecuencia adoptada como fundamental, que es la de 60 ciclos. Se eligen armónicos impares, con el fin de que los productos resultantes de la distorsión cuadrática, que son los más peligrosos, sean múltiples pares y queden muy alejados de los centros de las respectivas bandas donde fácilmente son eliminados por los filtros. Claro está que lo contrario acontecerá con la distorsión cúbica, pero ésta es más rara y menos peligrosa. Como el filtro de la banda telefónica corta en 300 ciclos, el primer armónico impar de 60 ciclos aprovechable es el 7.º, que corresponde a la frecuencia de 420 ciclos.

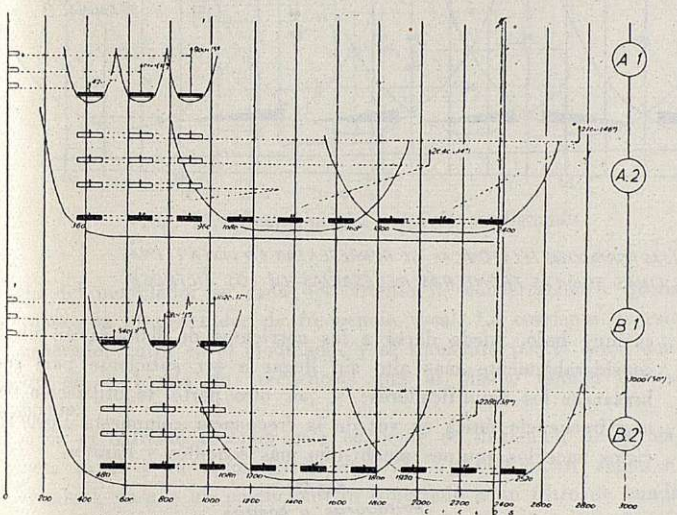


FIG 10 – MODULACION TELEGRAFICA. A 1 Modulación previa en el terminal A. A 2 Modulación de grupos en el terminal A. B 1 Modulación previa en el terminal B. B 2 Modulación de grupos en el terminal B.

(1) Para mayor sencillez y uniformidad de todo el sistema se propone emplear en los dos pasos de modulación telegráfica el tipo de modulación en amplitud, pero durante la construcción habrá de estudiarse la conveniencia de aplicar, en el primer caso, la modulación en frecuencia que, según queda dicho, proporciona canales más estables y menos interferidos.

En esta primera modulación previa se obtienen tres bandas, que serán limitadas por filtros, no difíciles de construir en estas frecuencias. El conjunto de las tres constituye el grupo de modulación de la segunda etapa.

En la segunda etapa, dos de estos grupos se corren en el espectro mediante una modulación en amplitud con supresión de la banda superior y utilizando como portadoras 2.040 ciclos (armónico 34º) y 2.760 (armónico 46º) en un terminal, y 2.280 (armónico 38º) y 3.000 (armónico 50º) en el otro. Los dos grupos así desplazados y un tercer grupo sin desplazar, tal como quedó en la modulación previa, constituyen el grupo final de frecuencias de línea, que viene a caer entre 360 y 2.400 ciclos, en un terminal, y entre 480 y 2.520, en el otro, con un entrelazamiento de bandas y frecuencias soporte que tiene por objeto evitar el cruce diafónico entre las dos vías de cada canal.

La modulación de las nueve vías en cada terminal requiere, como se ve, cinco frecuencias soporte, todas múltiples de 60, que son:

En el terminal A: Armónicos 7.º, 11.º, 15.º, 34.º y 46.º

En el terminal B: Armónicos 9.º, 13.º, 17.º, 38.º y 50.º

Son necesarios sólo cinco filtros por terminal, tres de banda, en las frecuencias inferiores y dos de paso, bajo cuyas fronteras no necesitan ser críticas. Además, todos los elementos del grupo previo de tres vías pueden tipificarse.

VI. 3. Canal de órdenes.

Entre la banda de baja frecuencia y la primera banda de alta, queda un espacio libre de más de 3 Kc. Este espacio facilita la construcción de los filtros de línea, separadores de las vías en alta y el canal normal en baja; pero su amplitud de 3 Kc. puede, sin dificultad, reducirse.

Esta circunstancia se aprovecha para alojar en dicho espacio un canal telegráfico que sirva para cambiar las órdenes y observaciones de servicio, sin necesidad de cortar uno de los canales de tráfico. Como este canal de órdenes utiliza frecuencias relativamente bajas y está destinado a manipulaciones lentas, no es necesario adoptar precauciones especiales para eliminar la interferencia entre sus dos vías. Por la misma razón, y para mayor sencillez, se modulará en amplitud. Un filtro con banda comprendida entre 5.400 y 5.700 ciclos en cada uno de los dos circuitos metálicos, dará paso a las dos bandas de modulación de una frecuencia-soporte de alrededor de 5.500 ciclos.

Para la generación de estas portadoras telegráficas puede utilizarse el procedimiento de modular la portadora telefónica de 6 Kc. con la portadora telegráfica de 420 ciclos en el terminal A y con la portadora telegráfica de 540 ciclos en el terminal B, conservando la frecuencia lateral inferior, lo cual proporcionará una onda soporte de 5.580 ciclos en el primer terminal y otra onda soporte de 5.460 en el segundo, sin necesidad de construir osciladores especiales. Así, además, las dos bandas telegráficas salen a línea con un corrimiento sobre sus respectivos ejes, que evitará toda diafonía.

VI. 4. Distribución general de frecuencias en la línea.

Aplicando las normas expuestas, la distribución general de las frecuencias que salen a la línea en cada uno de los sentidos de transmisión es la que muestra la figura 11. En la misma figura

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

aparecen las curvas teóricas de los filtros y las portadoras utilizadas en todo el proceso de modulación, tanto telefónica como telegráfica.

La figura 12 permite comparar la disposición de estas bandas con la de las seis bandas de un sistema americano moderno de 3 canales.

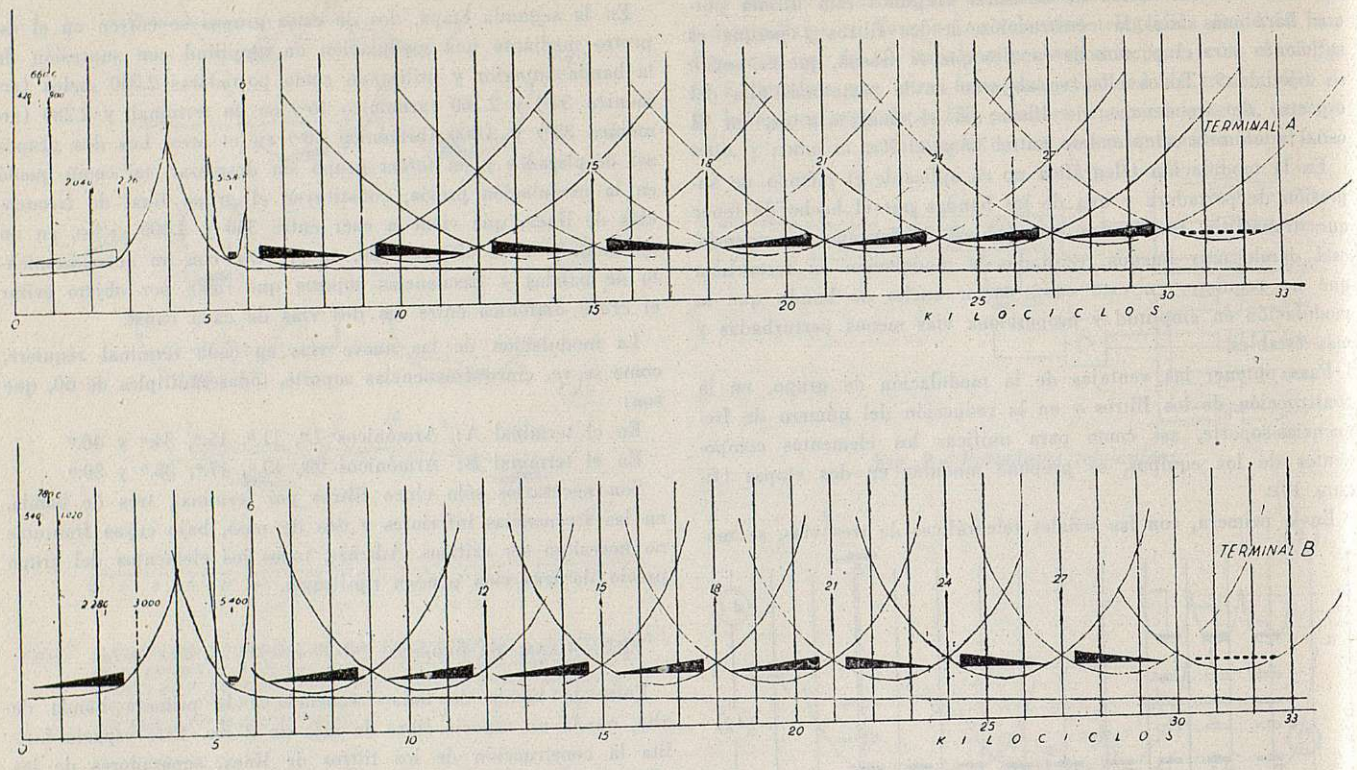


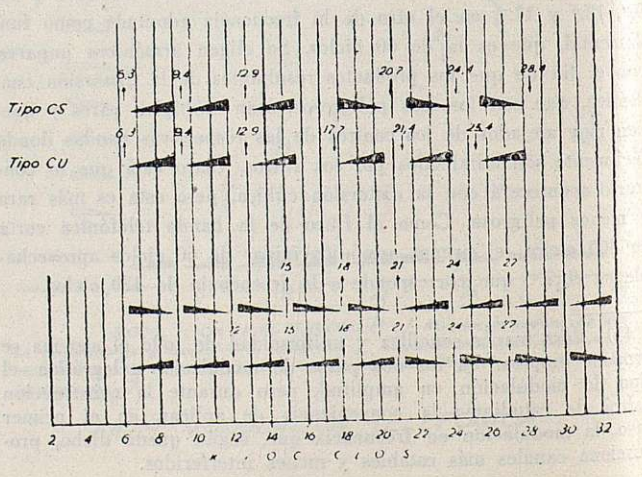
FIG 11 -DISTRIBUCION GENERAL DE FRECUENCIAS EN LA LINEA. (LAS PORTADORAS TELEFONICAS SE REPRESENTAN EN LINEA LLENA Y LAS TELEGRAFICAS EN LINEA DE PUNTOS LAS LINEAS FINAS SON LAS FRONTERAS NECESARIAS DE LOS FILTROS)

VI. 5. Llamada.

La corriente de llamada usual es de 17 o de 50 ciclos y, por consiguiente, no puede pasar por canales que cortan las frecuencias inferiores a 300 ciclos. Lo más usual es utilizar una corriente de 500 o de 1.000 ciclos, interrumpidos a la frecuencia del generador de 17 ciclos, pero esto requiere un equipo bastante complicado y con el siguiente inconveniente: Si el nivel de la llamada es bajo, esto es, del orden de las corrientes de conversación, los aparatos receptores de las señales de llamada se accionan algunas veces con las corrientes de conversación y registran llamadas falsas interrumpiendo la comunicación hablada por el canal, y si aquel nivel es alto, cuando los canales son abundantes, hay el riesgo de que coincidan varias llamadas y sobrecarguen los amplificadores (1).

Muy recientemente se ha iniciado otra tendencia que se funda en la utilización de una frecuencia de llamada situada entre 2.000 y 3.000 ciclos, es decir, en la parte alta de la banda de conversación. Como en esta región el nivel de energía de la palabra es muy bajo, puede darse a las corrientes de llamada un nivel considerablemente más alto sin llegar a ser suficiente para sobrecargar los amplificadores; y, por otra parte, la utilización de una frecuencia única en vez de la frecuencia compuesta 1.000/17 ciclos hace los equipos muchísimo más sencillos y baratos.

Fig. 12
Portadoras y bandas en un sistema americano moderno de seis canales y en el propuesta español de nueve



(1) Lo que se hace normalmente para lograr una cierta garantía en el funcionamiento de la llamada es transmitir ésta con un nivel de 2 a 5 db. más alto que el nivel medio de las corrientes de conversación; pero este compromiso conduce a los dos riesgos indicados, y, en efecto, ocurre que los aparatos de llamada se accionan algunas veces intempestivamente, y que los amplificadores también están expuestos a sobrecargarse.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

La llamada que se propone se efectuará en la forma siguiente:

En dos osciladores especiales con realimentación, se genera la frecuencia de 2.400 ciclos para un sentido de transmisión y 2.600 para el opuesto. Estas corrientes se amplifican y se disponen como fuentes de llamada para todos los canales de un sistema e incluso para los de varios sistemas.

Cuando la operadora acciona su llave normal de llamada, envía al canal una corriente de 17 períodos, que, en el rectificador (fig. 13) se rectifica y acciona el «relé» 1. Entonces la entrada del modulador se aisla del circuito de conversación y queda conectada al generador de frecuencia vocal. La corriente de este generador entra en el modulador y se transmite por el canal dentro de la banda de frecuencias que al mismo tiempo corresponde.

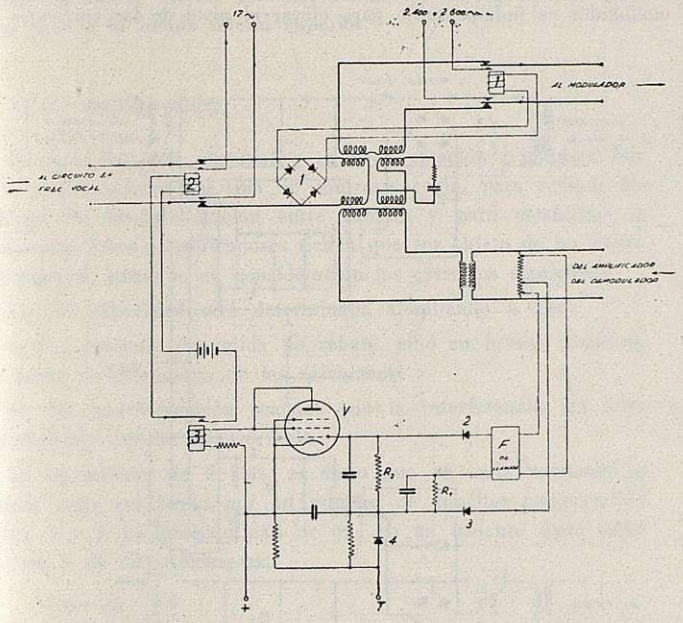


Fig. 13.—*Esquema del artificio de llamada.*

En el extremo receptor esta corriente se demodula de la manera usual y ya reconvertida en 2.400 ó 2.600 ciclos, según el terminal, pasa a un potenciómetro conectado a un filtro de banda muy estrecha, unos 60 ciclos. En el rectificador 2 se rectifica, y en R_2 y R_1 se produce una caída de tensión continua. En reposo, el tubo V está bloqueado por la resistencia de su circuito de cátodo; pero cuando la corriente de llamada llega, la tensión de R_2, cuyo extremo positivo está unido a la rejilla de mando del tubo V, hace gastar a éste, y el «relé» 3 se acciona. Lo cual provoca la operación del 2 y con ello el corte del circuito de dos hilos y la conexión de éste a la máquina de llamada local, de 17 períodos.

El circuito lleva otros dos rectificadores, 3 y 4. La finalidad del 3 es que el «relé» 3 no se accione indebidamente por una corriente de conversación que se corresponda en frecuencia con la corriente de llamada. En efecto, en los períodos de conversación, una parte de la energía de la banda total, que no puede pasar por el filtro, se deriva hacia el rectificador 3 y produce una tensión continua en la resistencia R_1, tensión que bloquea al rectificador 2 por la rama vertical del filtro F y le impide funcionar. De suerte que este rectificador sólo carga la resistencia R_2 cuando al receptor llega la frecuencia de llamada sin venir acompañada por otras frecuencias, lo cual tiende a evitar operaciones indebidas de los órganos de la llamada local. El rectificador 4 está conectado en paralelo con el condensador C para reducir la distorsión de los impulsos de llamada provocada por las variaciones de nivel de las corrientes recibidas, facilitando una vía de paso a las cargas negativas de la armadura de dicho condensador contigua a la válvula.

VI. 6. Niveles de transmisión en líneas aéreas.

La sección única en líneas aéreas de un sistema como el descrito puede llegar a 40 db. Como la pérdida, en tiempo húmedo, del hilo de cobre de 3 mm., a 33 Kc., es de 0,129 db/Km. en una línea totalmente aérea, el sistema funcionaría bien, sin repetidores intermedios, hasta una distancia de 310 Km. aproximadamente. Los niveles de salida y de entrada serían en este caso + 18 db. y — 22 db., respectivamente.

Pero las líneas aéreas llevan siempre cables de entrada de longitudes muy variables. Podemos suponer como un caso extremo, rara vez en la práctica rebasado, que la línea en cuestión tiene dos cables de entrada de 8 y 4 Km. de longitud, respectivamente, y ambos de 1,3 m/m. que, a 33 Kc., tiene una atenuación kilométrica de 1,22 db. Ambas entradas representan, pues, una pérdida de 14,6 db., si se prescinde de las reflexiones, y la longitud máxima de la línea no deberá exceder, en tal caso, de unos 200 Km.

Cuando la distancia eléctrica que hay que franquear sea mayor de 40 db. habrá que calcular el número de repetidores necesarios, a base de una sección única equivalente de 40 db. (1). En

(1) Entendemos por «*sección única equivalente*» *de un sistema de* n *secciones de amplificación*, la longitud eléctrica —medida en unidades de atenuación— de una simple sección de línea en que se induce la misma cantidad de ruido que en las *n* secciones de aquél. Este concepto permite, según vamos a ver, predeterminar los niveles mínimos a que se puede dejar descender la señal útil, sin que la relación señal a ruido llegue a adquirir valores peligrosos.

Es bien sabido que las líneas de transmisión están expuestas a ruidos de origen muy variado: redes de energía próximas, transmisiones telegráficas, parásitos atmosféricos, estaciones emisoras, etcétera. Cuando la resultante de estas perturbaciones tiene una cierta continuidad, puede asimilarse a una f. e. m. compleja que, propagándose por el circuito, llega a las estaciones terminales, se distribuye por las bandas de recepción de los canales comprendidos en su propio espectro de frecuencias y se detecta, en cada uno de estos canales, juntamente con la tensión de las señales útiles transmitidas, dando lugar a un ruido de línea, independiente del que se produce en los equipos terminales. Para que la comunicación sea aceptable es necesario que en cualquier punto de la línea la relación señal a ruido no baje de 30 a 36 db. con una f. e. m. perturbadora de 1 a 2 milivoltios por sección de ampliación. Ahora bien, si llamamos $e \ldots e$ a las amplitudes del ruido de línea inducido en las diversas secciones del circuito portador, la tensión de ruido de línea total será:

$$E = \sqrt{e_1^2 + e_2^2 + \ldots + e_n^2} \qquad (1)$$

de donde se deduce:

$$w_1 + w_2 + \ldots + w_n = \Sigma w = W \qquad (2)$$

siendo w_1, w_2 .... w_n las energías perturbadoras en cada sección y $\Sigma w = W$, la total. El ruido de línea crece, por tanto, a medida que aumenta la longitud del circuito portador, y para que la relación señal a ruido no descienda por debajo del valor previsto, es necesario que el nivel mínimo de la señal vaya también

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

general, si hay que poner un repetidor, la atenuación de cada una de las dos secciones no excederá de 37 db.; cuando haya que poner 2 ó 3, de 34 db.; y si más de 3, de 31 ó 32 db. Es decir, que con una atenuación de línea de 32 db. a 33 Kc/s., el sistema queda bien en todos los casos, y, como las entradas no exceden casi nunca de 3 Km., el sistema se presta perfectamente a trabajar con las secciones de amplificación en baja frecuencia actualmente establecidas en España. Económicamente, esta conclusión tiene importancia decisiva.

Sobre esta base se puede normalizar el nivel de salida en 17 db. sobre un milivatio y utilizar los niveles de llegada que resulten en las distintas secciones, que no rebasarán, en general, el límite de —15 db.

VI. 7. Niveles de transmisión en cables.

La sección única en cables se estima que puede llegar a 60 db., de suerte que con cables de 1,3 m/m. (1,22 db/Km. a 33 Kc.) la distancia entre los terminales de un sistema sin repetidores podría llegar a 49 y con cable de 0,91 m/m. (2 db/Km. a 33 Kc.) a 30 Km. Claro está que la explotación en alta frecuencia de una ruta tan corta no resultaría económica. En los cables españoles actuales, los conductos preparados para comunicaciones de 4 hilos son de 0,91 m/m., y como, por otra parte, éstos son los circuitos, más difícilmente aprovechables para transmisión en baja frecuencia, se les puede aplicar a la explotación del sistema, estableciendo las casetas para los amplificadores a distancias de alrededor de 25 Km.

Los niveles serán:

Salida: + 10 db.

Entrada: El que resulte de la atenuación de la sección, no menor en general de — 40 db.

VI. 8. «Modems».

En los sistemas de 3 canales modernos algunos de los elementos esquematizados en las figuras 2 y 3 han sufrido modificaciones que los han simplificado y perfeccionado, al mismo tiempo. Así, los tubos moduladores y demoduladores se han sustituído por rectificadores de selenio y el conjunto modulador, demodulador o «modem» queda formado como muestra la figura 14-I, con dos lámparas osciladoras, para generar las portadoras de aquellos elementos.

Aquí se propone una simplificación todavía mayor. Como el modulador y el demodulador de cada canal se alimentan con la misma portadora y ésta es uno de los armónicos del generador de armónicos común a todos los canales y aún a varios sistemas, los nueve «modems» del sistema pueden responder al esquema que se muestra en la fig. 14-II. El amplificador que sigue al demodulador es indispensable para elevar el nivel de las corrientes

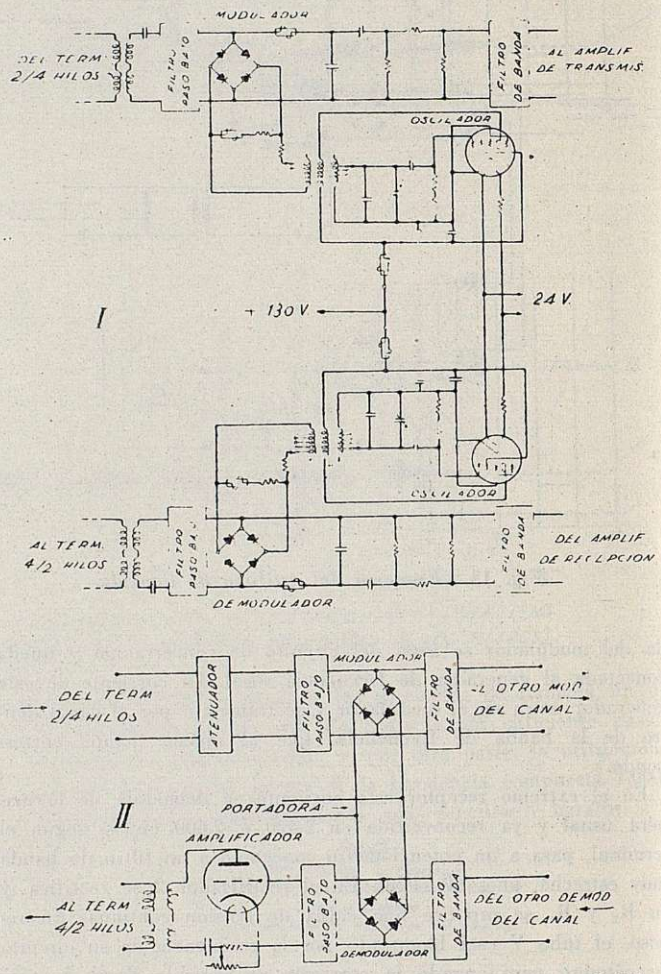


Fig. 14.—*«Modems» en un sistema de 3 canales actual (I), y en el sistema propuesto (II).*

de frecuencia vocal que se envían al transformador 4/2 hilos del respectivo canal, en vista del bajo nivel a que trabajan los moduladores secos. Esta será la única amplificación en baja frecuencia que lleve el sistema y deberá disponerse de tal forma que pueda dar una ganancia de 30 db. y se regule por pasos de medio db.

Es sabido que la modulación en rectificadores de selenio requiere un bajo nivel de tensión moduladora. Como niveles de energía en los diferentes puntos del «modem», con relación al cero de 1 mw., se recomiendan los siguientes:

Entrada del modulador o del demodulador —11 a —13 db.
Salida del modulador o del demodulador —18 a —20 db.

---

aumentando, a medida que crece el número de secciones de amplificación.

Si el sistema tiene dos secciones de igual longitud, se verificará:

$$W = 2\,w.$$

es decir, el ruido de línea puede llegar a ser doble, y, para mantener la misma relación señal a ruido, el nivel inferior de señal de la primera deberá ser también doble en potencia, o sea 3 db. más alto que si hubiera una sola sección. Por la misma razón, si las secciones iguales fuesen 4, el nivel inferior de señal habría de ser 6 db. más alto; si 8, 9 db., etc. Pero en la práctica la longitud eléctrica de las sucesivas secciones de amplificación no será idéntica, porque la situación de los repetidores depende de múltiples factores. En este caso, el ruido medio inducido en las secciones cortas será pequeño, y podremos aprovechar esta circunstancia para alargar la longitud de otras secciones sin superar la prevista relación señal a ruido.

Para esto sirve el concepto de *sección única equivalente*, y la fórmula 2 indica la forma de calcularla: Como el dato conocido es la atenuación de las diversas secciones, se hallan las relaciones de potencia correspondientes y se suman, y esta suma, transformada en unidades de atenuación, da la *sección equivalente*.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Entrada del amplificador del demodulador —25 a —27 db.
Salida del amplificador del demodulador — 3 a + 3 db.

Dada la sencillez teórica del «modem», su disposición práctica se espera que sea muy compacta y simple. Por otra parte, los nueve «modems» de cada terminal han de ser absolutamente idénticos —y, por tanto, intercambiables entre sí, y por otros que se tengan de repuesto— y los de uno y otro terminal sólo diferirán en el filtro, el cual, mientras en el terminal A dejará pasar la banda lateral inferior, en el B, suprimirá ésta para dar paso a la banda lateral superior.

VI. 9. *Amplificadores.*

En cada estación terminal y en cada estación repetidora hay dos amplificadores del tipo de contrarreacción, para reducir los efectos de intermodulación entre canales y para estabilizar la ganancia. Estos amplificadores tienen que ser objeto de un cálculo especial, tomando en consideración los extremos siguientes:

1.º Su capacidad será determinada atendiendo a que:

a) La potencia de salida no rebase, sino en breves instantes, el punto de sobrecarga de las válvulas.

b) Su contrarreacción sea tal que la interferencia, en tales condiciones, resulte despreciable.

En un sistema de 9 vías, es claro que en cada momento se puede estar emitiendo por un número de aquéllas comprendido entre 0 y 9. La probabilidad de que en un instante dado estén activas n de dichas vías, es:

$$P_{(n)} = \frac{\lfloor 9}{\lfloor n \; \lfloor 9-n} \cdot \times \delta^n (1-\delta)^{9-n}$$

siendo δ la fracción de tiempo dentro de la hora activa (hora de máxima intensidad de tráfico durante el día) en que cada canal está ocupado. Esta fracción se ha estimado en 1/4, y poniendo este valor en la fórmula anterior y haciendo operaciones se llega a los siguientes resultados:

Hay 2 vías activas durante 0,3 partes del tiempo.
» 3 » » » 0,24 » » »
» 4 » » » 0,12 » » »
» 5 » » » 0,04 » » »
Hay 6 vías activas durante 0,009 partes del tiempo.
» 7 » » » 0,0012 » » »
» 8 » » » 0,0001 » » »

Dicho de otro modo: En un período de tiempo de una hora están 2 vías simultáneamente activas, durante 18 minutos a lo sumo; 3 vías, durante menos de 15; 4 vías, durante menos de 8; 5, no llegan a 3; 6, en poco más de medio minuto; 7, durante 4 segundos, y 8 y 9, por espacio de menos de 1 segundo.

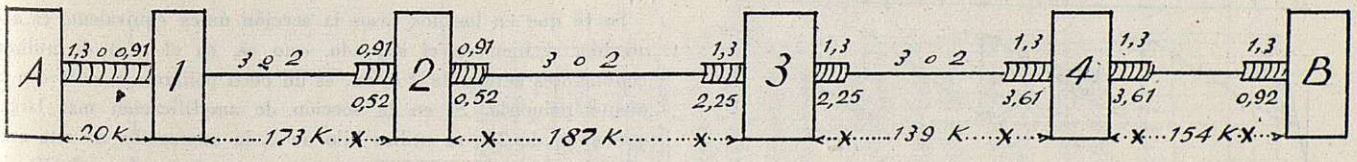
2.º La ganancia del amplificador debe llegar a los 50 db. cuando están destinados a líneas aéreas. Los repetidores de los sistemas americanos de 3 canales ganan, sin introducir la contrarreacción, 70 db. a 6 Kc. y a 27 Kc., y tienen un pico que llega a los 85 db., entre 12 y 15 Kc. La contrarreacción aplana esta curva y regulariza la ganancia en todo el margen, a unos 50 db.

3.º Un primer cálculo de la potencia de salida puede ser éste: Como el nivel máximo de un canal es de 18 db. sobre un milivatio, la potencia de salida de cada canal no llegará nunca a 10 m'w., y si queremos que el tiempo de sobrecarga en la hora activa no exceda del 4 %, aquella potencia podría multiplicarse, a lo sumo, por el factor 5; es decir, que una potencia máxima de salida de 500 miliwatios es ampliamente suficiente. Un tetrodo o un pentodo de 1 a 1,5 m'w. de potencia disipada en placa es un buen tubo de salida.

4.º Para los repetidores destinados a las secciones en cables, la salida es aún más baja; pero también lo es la entrada, y esto se compensará con un preamplificador de 20 db. de ganancia.

VI. 10. Aplicación del sistema a una línea de la red.

Ya se ha dicho que el sistema está planeado pensando en la situación actual de las redes españolas, con el fin de que pueda aplicarse a las mismas aprovechando todos sus elementos y sin necesidad de recurrir a costosos cambios. Vamos, pues, a elegir una de las rutas más complejas de la red telefónica y a estudiar cómo podría el sistema instalarse y funcionar en la misma. Dicha ruta (de unos 650 Km. de longitud) cuenta con cuatro estaciones intermedias provistas de todos los elementos necesarios para instalar los repetidores. He aquí su disposición y la composición de la línea que los une.



Esta línea y, en general, todas las de la Red son bastante uniformes y está construída con postes, crucetas y soportes de madera, aisladores de cristal y conductores de cobre de 3 y de 2 milímetros de diámetro; los postes están separados entre sí 50 metros, las crucetas 60 centímetros y los soportes 30,5 cm. en el plano horizontal. Sobre cada cruceta van 10 hilos que se numeran del 1 al 10 en la primera de aquéllas que es la más elevada, del 11 al 20 en la segunda, etc.; y estos hilos, por parejas, forman circuitos y se fantomizan, el par 1-2 con el 3-4 y el 7-8 con el 9-10, en la primera cruceta y de un modo semejante en las siguientes, mientras que los dos conductores centrales, 5 y 6, de la primera, se combinan con los homólogos 15 y 16 de la segunda, y así en las demás. Para las entradas en las poblaciones se usan cables de cuadretes, con aislamiento de papel y cu-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

bierta de plomo y conductores de 1,3 m/m. en la mayor parte de los casos y de 0,91 en algunos.

En estas condiciones es superfluo proceder al cálculo del coeficiente de atenuación partiendo de las características físicas de la línea, porque aquél se conoce perfectamente a las distintas frecuencias, y tanto para tiempo normal o seco como para tiempo húmedo o de lluvia; y se mantiene con uniformidad en todas las secciones de un circuito y en circuitos diferentes. Estos coeficientes de atenuación a las frecuencias extremas del sistema son:

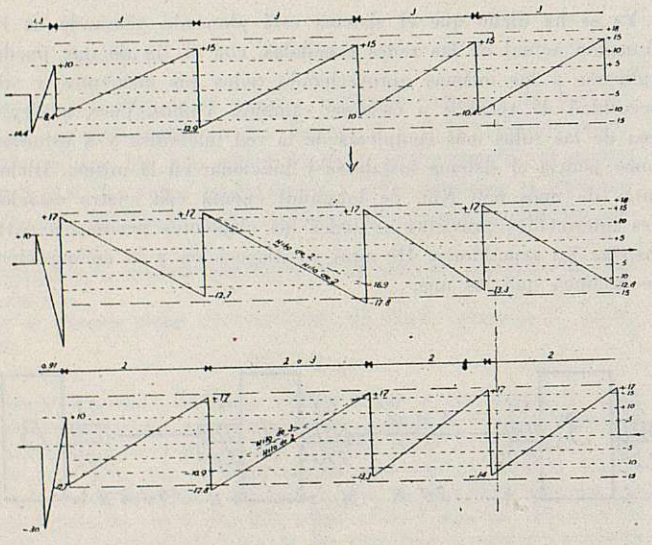
KC	ATENUACIÓN KILOMÉTRICA EN db.					
	Cable de		Hilo de 2		Hilo de 3	
	0,91	1,3	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
33	2	1,22	0,166	0,131	0,129	0,092
6	1,33	0,72	0,082	0,068	0,055	0,044

Y aplicándolos a la línea citada y haciendo los oportunos cálculos, se llega a los resultados siguientes:

SECC. DE LINEA	ATENUACIÓN TOTAL EN DB.											
	Cable de 0,91		Cable de 1,3		Hilos de 2 m/m.				Hilos de 3 m/m.			
					Húmedo		Seco		Húmedo		Seco	
	33 kc.	6 kc.	33 kc.	6 kc.	33 kc.	6 kc.	33 kc.	6 kc.	33 kc.	6 kc.	33 kc.	6 kc.
A—1	40	26,6	24,4	14,4								
1—2					29,7	14,9	23,7	12,5	23,4	10,2	17	8,3
2—3					34,8	17,6	28,3	15	27,9	12,6	21	10,5
3—4					30,3	15,6	25,3	13,6	25	11,9	19,9	10,3
4—B					31	15,9	25,7	13,7	25,4	11,7	19,7	10

Con los datos de este cuadro se puede trazar el hypsograma del sistema en cualesquiera condiciones de la línea y a cualquiera de las dos frecuencias extremas de aquél. La fig. 15 muestra

FIG. 15 HYPSOGRAMAS DEL SISTEMA EN UNA RUTA DE LA RED CON CABLE Y CONDUCTORES DE VARIOS CALIBRES



dos de estos hypsogramas a 33 Kc/s.: el superior para el caso de línea constituída con cable de 1,3 m/m. en la sección A-1 y con hilos de 3 m/m. en las restantes, y el inferior suponiendo que el cable es de 0,91 y la línea aérea de 2.

La sección única en cable, en los dos casos, está dentro de los límites admisible que se dieron en V. 7. Para hacer la misma comprobación en la línea aérea, calcularemos la sección única equivalente en los dos casos. Se tiene:

Sección	Hilo de 3 m/m.		Hilo de 2 m/m.	
	Atenuación	Relac. de potencias	Atenuación	Relac. de potencias
1 – 2	23,4	219	29,7	933
2—3	27,9	617	34,8	3.020
3 – 4	25	316	30,3	1.072
4—B	25,4	347	31	1.023
Suman. .		1.500		6.048

Secc. única equiv. con h. de $3 = 10 \log_{10} 1.500 = 31,7$
Secc. única equiv. con h. de $2 = 10 \log_{10} 6.048 = 38,1$

Se ve que en los dos casos la sección única equivalente es admisible, si bien en el segundo, esto es, en el caso de utilizar conductores aéreos de 2 m/m., es un poco peligrosa y sería conveniente reducirla. Si en la sección de amplificación más larga, que es la de 2-3, se utiliza hilo de 3, la atenuación de esta sección pasa de 34,8 a 27,9 db., que corresponden a una relación de potencias de 617 y, por tanto, a una suma de relaciones de 3.645 y a una sección única equivalente de 35,6, ya perfectamente tolerable. En el segundo hypsograma de la fig. 15 aparecen, en línea de puntos, los niveles correspondientes a esta substitución.

En resumen, en la línea tomada como ejemplo, que como decimos es de las más complejas de la Red, el sistema trabajará en buenas condiciones por cable y por línea aérea y con hilos de 3 y con hilos de 2. Si se piensa en lo que ahora acontece

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

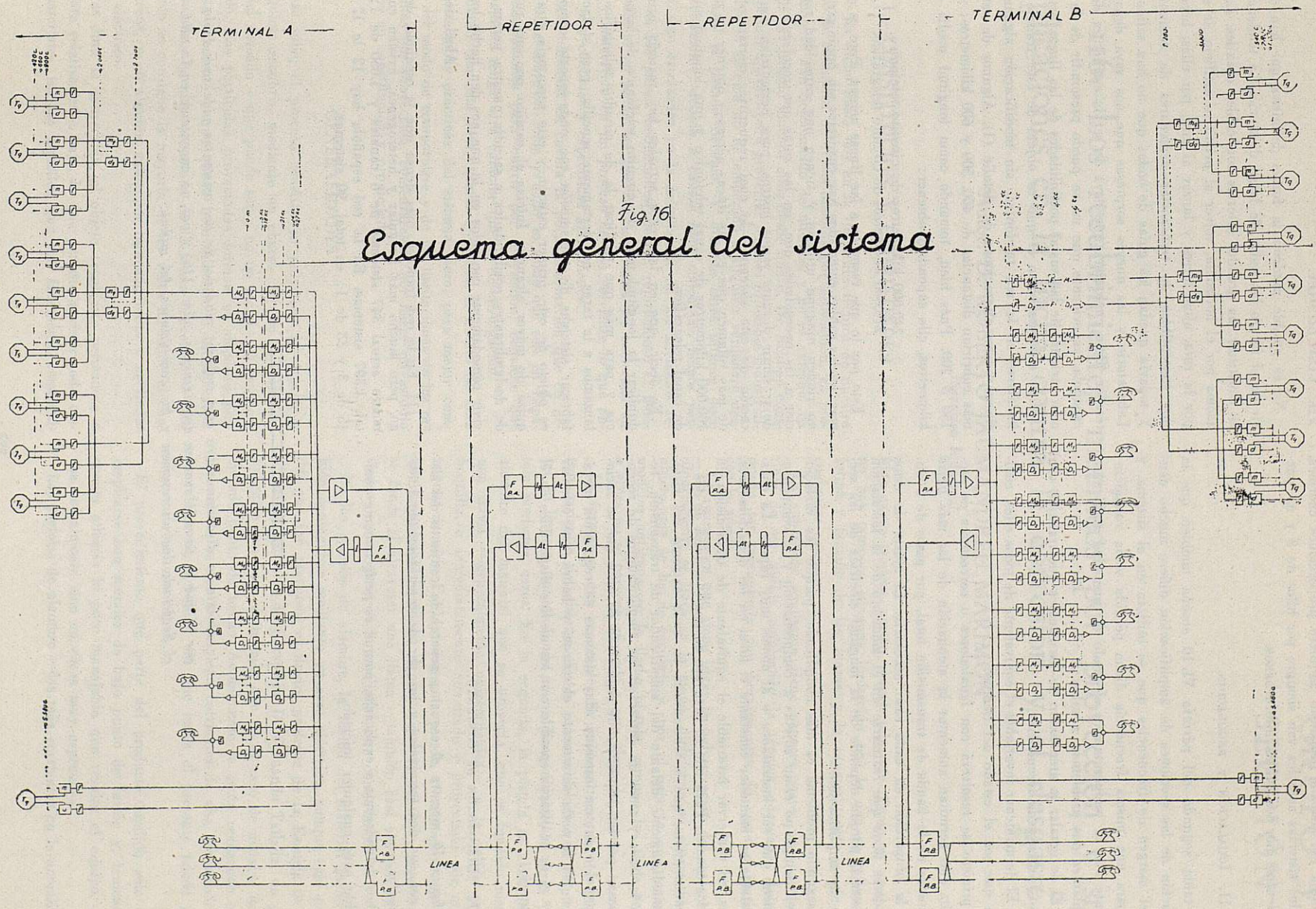


Fig. 16

Esquema general del sistema

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

la ventaja del sistema propuesto adquiere proporciones enormes, pues los sistemas actuales van siempre por hilos de 3 y no pueden llevarse por los cables interurbanos.

VI. 11. Igualación y regulación.

La tabla segunda del párrafo VI. 10 enseña también que la atenuación de las secciones de amplificación difiere mucho dentro del margen de frecuencias que se utilizan en el sistema, y que para una misma frecuencia dicha pérdida varía considerablemente con la temperatura y el grado de humedad ambientes. Esto plantea dos problemas, a saber:

a) El de igualar la atenuación de los canales que trabajan con distintos órdenes de frecuencias.

b) El de mantener invariable el equivalente de todos ellos, cualquiera que sea el estado del tiempo.

El primero se resolverá con igualadores o correctores de atenuación que permitan aumentar la atenuación de las más bajas frecuencias de la banda de transmisión total, por pasos de 2 db. y en la proporción en cada caso necesaria. El ajuste de estos igualadores tiene que realizarse en el momento de la instalación del sistema, porque depende de la longitud eléctrica de las secciones de amplificación.

El segundo problema es más complicado, porque las variaciones del tiempo no están sujetas a comprobación y la compensación tiene que ser instantánea o al menos muy rápida. La cuestión estriba en mantener constante el nivel en los demoduladores, esto es, en conservar invariable el equivalente de transmisión en todos los canales. Para ello se hace uso de una —o quizá de dos— frecuencias-piloto, que se introducen en cada extremo del sistema inmediatamente delante del amplificador de transmisión, recorren la línea y antes de entrar en los amplificadores de recepción pasan por un dispositivo de regulación de éstos que se acciona manual o automáticamente. Hay sistemas de regulación mecánicos y los hay exclusivamente eléctricos, y habrá que estudiar cuál es el de realización posible con los medios disponibles en el Laboratorio.

VI. 12. Disposición de conjunto.

La figura 16 muestra el esquema general de conjunto del sistema, con sus dos terminales y un par de repetidores de línea intermedios.

No nos detendremos a explicarlo, porque es perfectamente comprensible para cualquier iniciado.

VII. *CONCLUSIÓN.*

No es posible predecir la forma definitiva que han de adquirir en el futuro las redes de larga distancia. La tendencia actual es constituir las grandes arterias con cables coaxiles. La que ya asoma por el horizonte, volver al primitivo artificio de escalonar, por la ruta, altas torres y lanzar al aire, por ellas, haces dirigidos susceptibles de transportar centenares de comunicaciones. Y todavía quedan las guías de ondas que no han salido aún del Laboratorio y las nuevas sorpresas que nos vaya deparando la técnica. Pero cualquiera que haya de ser la estructura de la Red española, es evidente que no se puede prescindir de la explotación racional de las vastas posibilidades de las líneas actuales.

Cien sistemas como el que es objeto de este trabajo podrían instalarse en la red telefónica, sin modificación alguna de sus líneas o con alteraciones de detalle (1). Algunos de estos sistemas cubrirían distancias de 400, 500 y 600 kilómetros; otros, de 150 ó 200. Pues bien, tomando como longitud media sólo 300 kilómetros, ello supondría obtener:

240.000 kilómetros de circuito telefónico.
270.000 kilómetros de circuito telegráfico.

Esto por lo que respecta a las líneas aéreas. Pero es que, además, en los cables enterrados hay cuadretes sin pupinizar que hoy no rinden ninguna utilidad y tienen una capacidad muy superior a las necesidades que, en las rutas que recorren, se han de dejar sentir durante varios lustros, pues permitirían con la aplicación de este sistema —lo cual requeriría, ciertamente, obras de más volumen que en las líneas aéreas— obtener no menos de 100.000 kilómetros de canal telefónico y una longitud aún mayor de canal telegráfico.

Es decir, que en las redes actuales hay materia prima para duplicar la longitud total de circuito telefónico de larga distancia y para más que triplicar la de circuito telegráfico, si nos lanzamos a la tarea, no ciertamente sencilla, pero sí factible, de fabricar sistemas de transmisión con onda-soporte como el que es objeto de este primer estudio, y esto reportaría otra ventaja quizá de mayor alcance: Iniciar el camino por una ruta plena de deslumbrantes posibilidades y sacudir nuestra pereza para no vivir cómodamente confiados en lo que nos den hecho los demás.

Abril de 1950.

(1) En la red francesa, más densa que la española, desde luego, pero mucho más irregular y heterogénea, existen en el momento actual 347 sistemas de 6 canales y 1.050 de 1; en total, 1.397 sistemas. En la red española hay 12 le 12 canales, 45 de 3 y 33 de 1; en total, 90 sistemas.

Abierta la discusión sobre este trabajo, ninguno de los asistentes pide uso de la palabra, por lo que se pasa al examen del siguiente, núm. 116, y por no encontarse en la sala su autor, el Secretario lee un resumen y las conclusiones del mismo.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 116. - Los recubrimientos metálicos por proyección y sus aplicaciones en la lucha contra la corrosión y el desgaste

Autor: D. ROBERTO JAUMANDREU MARIMÓN
Ingeniero Industrial

I.—CONSTITUCIÓN Y PROPIEDADES

Poco se ha dicho hasta hoy en la literatura técnica de nuestro país sobre la obtención de revestimientos por proyección. El proceso permanece aún desconocido de muchos, y no es extraño. Es cierto que han pasado muchos años desde que el Dr. Schopp construyó el primer aparato para proyectar metales utilizable industrialmente, pero el sistema no ha empezado a adquirir verdadero desarrollo hasta el pasado decenio. Y durante estos últimos doce años, precisamente, debido a causas bien conocidas, hemos permanecido algo retrasados en la asimilación de los adelantos registrados en los países beligerantes, donde, repitiéndose el fenómeno corriente en todas las guerras, la técnica ha acelerado su progreso y convertido en un proceso de uso corriente lo que antes tenía sólo contadas y específicas aplicaciones.

Así, pues, teniendo en cuenta la poca información que en general se tiene sobre el tema y dado lo raras que son en España las instalaciones para cubrir por proyección, conviene que este trabajo no tenga otro carácter que el de divulgación.

De acuerdo con esta idea, hemos enfocado el asunto de cara a las aplicaciones prácticas del sistema, pero, para mejor comprensión del modo de comportarse y de las limitaciones de los recubrimientos por proyección, comenzaremos por hacer un estudio somero de su constitución y propiedades.

GENERALIDADES

Como se sabe, el proceso consiste en pulverizar la superficie que se quiere recubrir, mediante un chorro de aire comprimido, el material deseado —que puede ser o no un metal— previamente fundido. Las partículas proyectadas forman un depósito perfectamente coherente y que queda bien adherido a la superficie de base, si ésta ha sido preparada en la forma conveniente. Esta preparación se consigue la mayoría de las veces mediante el chorro de arena, y en algunos casos por torneado basto o mediante un arco eléctrico.

Mientras dura la proyección, el objeto recubierto permanece a temperatura relativamente baja, lo que permite revestir toda clase de materiales, incluso aquéllos que son fácilmente combustibles, como madera, cartón, papel, tela, etc. Como se comprende, no hay tampoco ninguna limitación por lo que se refiere a la forma y tamaño de las piezas, y la capa obtenida puede tener cualquier espesor.

La superficie resultante tiene aspecto mate, pero es susceptible de ser pulida empleando la técnica adecuada. Asimismo, puede ser mecanizada con herramientas de corte o rectificada con la muela.

El aparato en que tiene lugar la pulverización del material, ordinariamente se lleva en la mano, dirigiendo su chorro hacia el objeto que se ha de recubrir y, por el aspecto que tenían los modelos antiguos, se le llama pistola, aunque los tipos actuales a veces no se parecen en nada a esta clase de armas.

La forma en que se emplea la primera materia da origen a tres variantes del sistema. En la primera de ellas se emplea metal en lingote, que se funde en un horno aparte, se carga la pistola mediante cazos. En la segunda, la pistola se alimenta con alambre del material que se proyecta, que es fundido mediante una llama —generalmente oxiacetilénica— a la salida de una boquilla, e inmediatamente atomizado y proyectado por una corriente de aire. En la tercera, la pistola se alimenta con polvo, que es succionado de un depósito que lo contiene, seguidamente se funde al atravesar una llama —también casi siempre oxiacetilénica— y es proyectado mediante aire comprimido.

En las pistolas de alambre, la fusión del material puede también conseguirse mediante un arco eléctrico, aunque este sistema, del que fué precursor el ilustre profesor de la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona D. Fernando Tallada, no parece aplicarse con buen éxito más que en el caso de metales de muy elevado punto de fusión. Actualmente se están realizando experimentos en los que se emplean corrientes de alta frecuencia para la calefacción del hilo, sin que hasta el presente pueda predecirse su resultado (1).

El procedimiento que parte del producto fundido sólo puede emplearse con metales de bajo punto de fusión y, teniendo en cuenta además lo poco manejable que resulta el equipo, no se usa actualmente sino en casos muy especiales.

Las pistolas de alambre —las más corrientes en la actualidad—

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

tienen el inconveniente de que sólo pueden ser empleadas con metales que puedan estirarse en hilos.

En cuanto a las pistolas de polvos, pueden emplearse con cualquier material fusible que pueda ser reducido a polvo. Esto hace que con los aparatos de este tipo puedan obtenerse, además de revestimientos metálicos, revestimientos con ceras, betunes, material plástico, etc., lo que les da un campo de aplicación muy amplio e interesante; sin embargo, cuando se emplean para proyectar metal, los recubrimientos obtenidos son de calidad muchas veces inferior a la de aquéllos que se obtienen con las pistolas de alambre.

De lo dicho se desprende que los revestimientos por proyección podrán clasificarse, según su naturaleza, en metálicos y no metálicos. En este estudio vamos a referirnos exclusivamente a los primeros, que son los más empleados y mejor estudiados en la actualidad; pero esto no quiere decir que quitemos importancia a los otros, pues creemos que les aguarda un brillante porvenir, especialmente por lo que se refiere a la proyección de plásticos, que puede decirse que está en sus albores.

A la proycción de metales se la llama frecuentemente «metalización», nombre cuyo empleo, a nuestro entender, debería proscribirse por impropio. En efecto, según la Academia, «metalizar» quiere decir «convertir en metal o comunicar propiedades metálicas», definición que se aplica muy mal al caso más corriente en el proceso, que es el de recubrir un metal con otro metal.

FORMACIÓN Y CONSTITUCIÓN DEL DEPÓSITO

El proceso consta de tres fases. En la primera, el metal, ya sea en polvo, ya en hilo, es fundido y desagregado; en la fase intermedia, las partículas metálicas son arrastradas por la corriente de aire de proyección; en la fase final, llegan a la superficie que se recubre y en ella se reúnen de nuevo para formar un depósito coherente.

A primera vista parece que las gotitas de metal habían de llegar líqudas a la superficie y soldarse sobre ella unas con otras, constituyendo una capa continua; sin embargo, en la práctica no sucede así. Efectivamente, las micrografías de las capas proyectadas demuestran que el depósito está constituído por un conglomerado de granos, entrelazados unos con otros, pero que conservan su propia individualidad (fig. 1).

Para estudiar el proceso de deposición de las partículas, Turner y Rollason (2) efectuaron distintos experimentos proyectando metal sobre vidrio. Se colocó una cámara cinematográfica de alta velocidad, equipada con objetivo de aumento, detrás de una lámina de vidrio, y acto seguido se proyectaron por el otro lado capas de distintos metales. De esta manera se pudo luego reproducir al «ralentí» sobre una pantalla la llegada de las primeras partículas y se pudo observar que, sea que llegasen líquidas o que se liquidasen por efecto del calor desarrollado en el impacto, el caso es que al chocar con el vidrio se comportaban como gotas líquidas, aplastándose de la misma forma que lo hace una gota de mercurio que se deja caer sobre una superficie no mojada por este metal.

Ahora bien, en el caso del mercurio, el proceso es el siguiente: la gota, al aplastarse, forma primero un disco con los bordes irregulares formando como un dentellado, pero en seguida, por efecto de la tensión superficial, el borde de este disco se separa del centro y se rompe en varias porciones, quedando en definitiva una gota central rodeada de otras varias más pequeñas, a manera de salpicaduras. Todo esto, claro está, sucede en un tiempo extremadamente corto.



Fig. 1.—*Cinc proyectado con pistola de alambre* × 400 (*Rollason*).

En el caso del metal fundido, la cámara cinematográfica demostró que todo sucede en la misma forma, pero que las gotas se solidifican por enfriamiento antes de terminar el proceso que acabamos de describir, haciéndolo en una fase más o menos adelantada, según sea su temperatura inicial, su capacidad calorífica y la temperatura de la superficie sobre la que se proyectan. Las figuras 2 y 3 son fotografías representativas de dos casos extremos. En la primera aparecen granos de cinc proyectado sobre vidrio; debido a la pequeña capacidad calorífica del cinc, las gotas se han solidificado en la primera fase de su aplastamiento y se presentan en forma irregular con bordes dentellados. La segunda representa unos granos de hierro, y en ella puede apre-

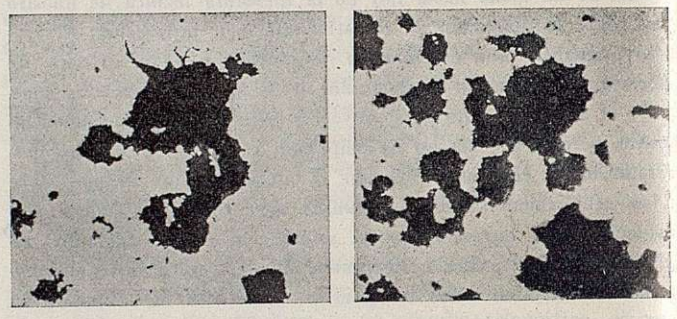


Fig. 2.—*Cinc proyectado sobre vidrio frío* × 50 (*Turner y Rollason*).

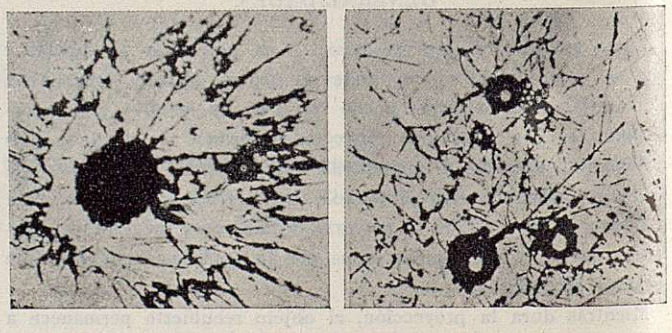


Fig. 3.—*Hierro proyectado sobre vidrio frío* × 50 (*Turner y Rollason*).

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ciarse bien los efectos de salpicadura debidos a la mayor capacidad calorífica de este metal.

Así, pues, las partículas no se sueldan unas a otras, ni con la superficie que les sirve de base, sino que la coherencia del depósito es debida a la ligazón mecánica que se origina por el aplastamiento de los granos y por el entrelazado de las irregularidades de sus bordes. Esto explica la necesidad de que la superficie que se recubre haya de ser preparada antes, dándole una rugosidad suficiente para el anclaje de las partículas. Se comprende también que sea grande la resistencia de la masa a la compresión, y bastante menor la resistencia a la tracción y la tenacidad.

Todavía queda por aclarar, en el proceso que estudiamos, la interesante cuestión de cómo se explica que, no obstante encontrarse las partículas en estado de fusión sobre la superficie recubierta, la temperatura de ésta se mantenga relativamente baja. Lo primero que conviene dilucidar es si las partículas viajan en estado líquido o sólido. Gunter y Schoop (3) creyeron primeramente que el aire comprimido empleado en la pulverización sufría un enfriamiento, debido a su expansión, que hacía bajar rápidamente la temperatura de las gotas metálicas mientras duraba su viaje, con lo que llegaban a la superficie sólidas y a baja temperatura. Su nueva liquidación era debida, según ellos, a la transformación en calor de su energía cinética.

Más adelante, Arnold (4) demostró que tal teoría no podía ser cierta, basándose en los resultados de los experimentos realizados por Schenk (5) y por él mismo para determinar la velocidad de las partículas. El aparato empleado para estas pruebas estaba constituído (fig. 4) por dos discos montados sobre un mismo eje y girando con una cierta velocidad. Frente al primero,

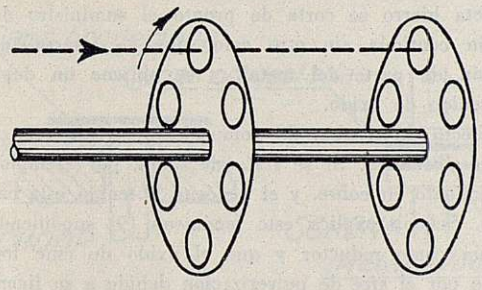


Fig. 4.—*Principio del aparato de Schenk empleado para medir la velocidad de las partículas proyectadas.*

que lleva varios orificios, se dispone una pistola, que al proyectar un metal a través del primer disco produce manchas en el otro. Conocido el número de revoluciones por segundo que da el eje y midiendo el desplazamiento angular de las manchas de metal proyectado con respecto a los agujeros, se puede saber el tiempo transcurrido desde que las partículas han atravesado el primer disco hasta que han llegado al segundo, y, por consiguiente, se puede calcular la velocidad de las mismas.

El resultado que se obtuvo en estos experimentos fué parecido para los distintos metales, y dependió en especial de la distancia de la boquilla al punto considerado. A 10 cm. de la boquilla, por ejemplo, la velocidad resultó ser de 120 m/seg. para el latón y de 140 para el cinc. Estos valores representan un término medio, pues se observó que, en un mismo chorro, la velocidad de las distintas partículas no es igual, sino que oscila entre ciertos límites.

Ahora bien: si se admite como cierta la teoría de que las partículas llegan a la superficie a baja temperatura, por ejemplo, a 70°, es fácil calcular la velocidad necesaria para fundir el metal por la energía del choque, resultando que para el plomo, que es el que la exige menor, habría de ser, por lo menos, de 337 m/seg., valor bastante superior al de la velocidad que realmente llevan las partículas, según el resultado de los experimentos de Arnold y de Schenk.

Si el calor necesario no puede prevenir más que en parte del choque, es preciso admitir que las partículas llegan a la superficie a una alta temperatura, muy superior a la de la corriente gaseosa que las acompaña, que es relativamente baja.

Por lo que se refiere a los gases de proyección, experimentos muy cuidadosos de Ballard (6), efectuados mediante pares termoeléctricos muy delgados para que no sufriesen el efecto del impacto de las partículas, han permitido establecer su temperatura a diferentes distancias de la boquilla y proyectar distintos metales. Con los resultados de estos ensayos se han dibujado las curvas de la figura 5, donde se observa que, a la distancia normal

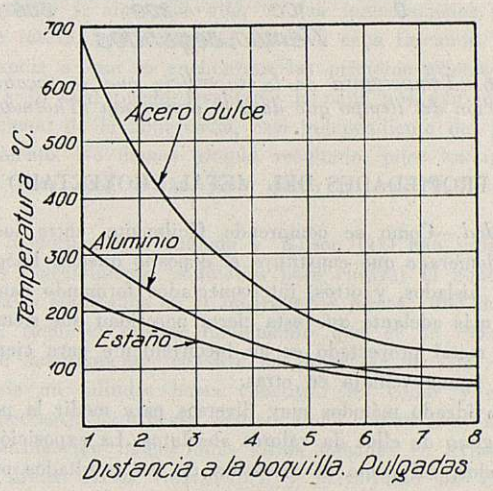


Fig. 5.—*Temperatura de la corriente gaseosa a distintas distancias de la boquilla (Ballard, «Transactions of the Physical Society»).*

de proyección correspondiente al tipo de pistola empleado (5-6 pulgadas), la temperatura de la corriente oscila de 100 a 200° C.

En cuanto a las partículas, dada su pequeñez, no hay posibilidad de medir su temperatura, pero lo más lógico es suponer con Turner (2) que, excepto en los primeros momentos de su viaje, no hay movimiento del aire con respecto a la partícula, por moverse ambos con la misma velocidad y así el enfriamiento de la gotita de metal es muy pequeño durante el tiempo extremadamente corto que tarde en llegar a su destino, pero, en cuanto la partícula se ha depositado, entra en juego el intenso enfriamiento ocasionado por la corriente de aire y se solidifica y enfría instantáneamente.

Según lo dicho, la elevación de temperatura del objeto que se recubre dependerá de la temperatura de llegada de las partículas, de la temperatura de la corriente de aire de proyección y del calor disipado en la superficie receptora. Si el chorro de la pistola se dirige siempre al mismo punto, la temperatura de la su-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

perficie aumenta, tendiendo hacia un límite que ha sido determinado por los experimentos de Thormann (7).

Puede observarse en las curvas establecidas por este autor (figura 6) que, aún en el supuesto de alcanzar este límite, lo cual no es corriente, si se trabaja en forma debida, la temperatura es moderada, por lo que la proyección de metales puede considerarse como un proceso frío.

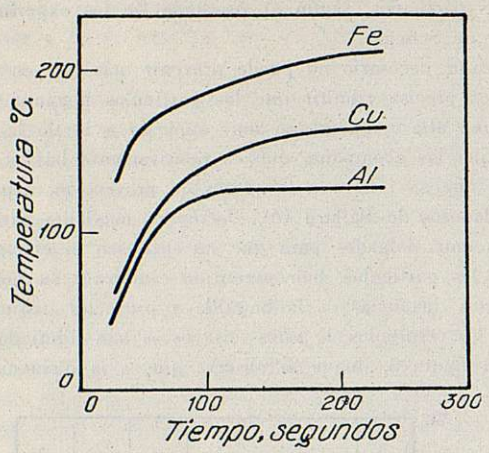


Fig. 6.—*Temperatura de la superficie que se recubre en función del tiempo que dura la proyección (Thormann).*

PROPIEDADES DEL METAL PROYECTADO

Porosidad.—Como se comprende fácilmente, entre los granos del conglomerado que constituye el depósito quedan huecos, unos de ellos, aislados, y otros, interconectados formando canales. Ya veremos más adelante que esta cierta porosidad que siempre presenta el metal proyectado es un inconveniente para ciertas aplicaciones y una ventaja en otras.

Se han ideado métodos muy diversos para medir la porosidad, pero ninguno de ellos da valores absolutos. La exposición de estos métodos, así como la discusión de los resultados obtenidos, nos ocuparía mucho espacio, por lo que nos limitaremos a indicar las consecuencias que pueden deducirse. En primer lugar, por lo que se refiere a la porosidad en relación con el tipo de metal proyectado, los revestimientos con cinc y estaño son menos porosos que los revestimientos con aluminio y cobre. También tiene influencia el procedimiento empleado; son más compactos los revestimientos obtenidos con pistola de alambre que los obtenidos con la pistola de polvos. Finalmente, son muy interesantes los experimentos de Everts (8), quien ha estudiado detenidamente la influencia del tiempo que se proyecta sobre un mismo punto, la influencia de la distancia de la boquilla a la superficie, de las presiones de gas, oxígeno y aire, y de la velocidad del alambre, y ha establecido curvas que dan la permeabilidad de revestimientos de varios metales en función de cada una de estas circunstancias, consideradas separadamente como variables. De estos gráficos se deduce que si se quieren obtener revestimientos compactos, y por consiguiente útiles para cualquier aplicación, no puede trabajarse al azar, sino que es preciso emplear una técnica adecuada y cuidadosa.

Composición química.—La composición de los depósitos no es exactamente la misma que la de la primera materia empleada, y su variación es debida casi exclusivamente al oxígeno contenido en la corriente gaseosa de pulverización. Sin embargo, el efecto de este agente no es tan grande como cabría esperar dada la temperatura de las partículas metálicas, debido a que el tiempo que transcurre desde el instante en que el metal se desintegra hasta que se deposita y enfría sobre la superficie recubierta es extremadamente corto (del orden de 0,001 seg.). También es de suponer que, durante el trayecto, el metal se cubre de una primera película impermeable de óxido que le protege de todo contacto ulterior con los gases de pulverización.

En el caso de proyectarse metales puros, tales como cinc, aluminio o cobre, el resultado de la acción del oxígeno es que el depósito contiene cierta cantidad de óxido, que puede medirse por procedimientos químicos o metalográficos; que es insignificante en el caso del cinc, y algo mayor en el caso del aluminio y del cobre.

Si se proyecta acero, el efecto del oxígeno es descarburarlo, de manera que el contenido de carbono del depósito es, en general, ligeramente menor que el del acero empleado. Así, por ejemplo, según los trabajos de Ballard, si se emplea pistola de alambre de rendimiento medio y si se trabaja en condiciones normales, para un alambre que contenga 0,8 % de carbono se obtiene un depósito con un contenido de 0,59 % a 0,62 %, según el gas empleado, o sea que se ha quemado aproximadamente un 25 % del carbono.

Hay que hacer notar que la mayor o menor escala en que tengan lugar estos fenómenos de oxidación depende en gran manera de la regulación de los gases en la llama, pues, si en las proporciones de oxígeno y gas hay defecto de este último, una parte del metal se quema combinándose con el oxígeno sobrante, lo que puede probarse con un experimento curioso: si mientras se proyecta hierro se corta de pronto el suministro de gas, la proyección continúa sin otro calor que el desarrollado por la combustión de parte del metal, y se obtiene un depósito con alto contenido de óxido.

Otro efecto de cambio de composición se observa cuando se proyectan aleaciones. Si se trata de latón, por ejemplo, hay un enriquecimiento en cobre, y el depósito obtenido está casi exento de óxido. Schoop explica este fenómeno (9) suponiendo que el cinc actúa como reductor y que el óxido de cinc formado es arrastrado por el aire de pulverización debido a su ligereza.

Dureza.—En esta propiedad influyen en sentidos opuestos distintas circunstancias. En primer lugar, cada partícula de metal proyectado ha sufrido un tratamiento térmico-mecánico que tiende a endurecerla, consistente en su aplastamiento contra la superficie de destino, enfriamiento brusco y martilleo por la acción de las partículas que la siguen. Por otra parte, la existencia de inclusiones de óxido tiende a aumentar la dureza de la capa. Finalmente, hay que tener en cuenta que el depósito es un conglomerado de partículas más o menos poroso, por lo que se comprende que su resistencia a la penetración sea menor que la del mismo material si fuese macizo.

Lo dicho explica que, en las determinaciones de la dureza, no haya concordancia entre los resultados obtenidos por rayado con punta de diamante y los obtenidos por penetración, pues en el primer caso juega especialmente la dureza individual de las partículas, mientras en el segundo interviene además la porosidad. Así, en los experimentos realizados por Turner (2), la dureza

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

por rayado de la totalidad de los metales resultó marcadamente superior a la del mismo material en bloque macizo, mientras la dureza por penetración (método Brinell) resultó poco diferente de la del material en masa.

El metal para el cual tiene más importancia la dureza del depósito es el acero, que, como veremos, se aplica al recargue de piezas desgastadas. Por esto creemos de interés dar unas cifras comparativas de la dureza Brinell de dos tipos característicos de acero para recargues:

MATERIAL	En bloque macizo	Proyectado en frío	Proyectado en caliente
Acero 0,4 % de C...	180	260	215
Id. 0,75 % de C...	238	325	275

Estos valores, obtenidos en varios ensayos efectuados por el autor en colaboración con el Ingeniero Industrial D. José M.ª Anglada, coinciden sensiblemente con los que se dan en la literatura extranjera (10).

Adherencia.—La utilidad de un revestimiento, sea cual sea su aplicación, exige una alta adherencia al material de base, pues en la práctica industrial las piezas o los aparatos recubiertos están sometidos a choques mecánicos, esfuerzos de dilatación, etcétera, que de lo contrario harían saltar la capa. Así, pues, se comprende que hayan sido muchos los que han dirigido sus esfuerzos a establecer un método tipo que habría de permitir reducir a números la mayor o menor ligazón del depósito a la base. Sin embargo, el problema no es tan sencillo como parece a primera vista, como se comprenderá al hacer el repaso crítico de algunos sistemas propuestos (fig. 7).

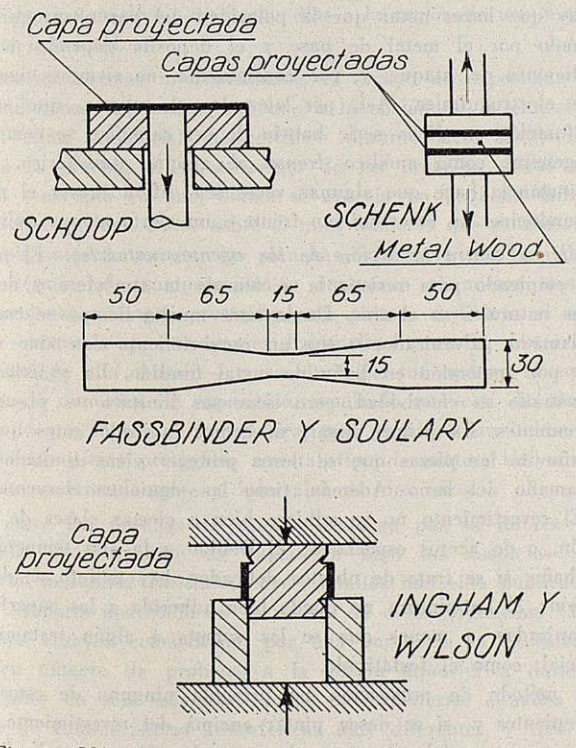


Fig. 7.—*Métodos para la determinación de la adherencia del depósito.*

Schoop (3) emplea un platillo taladrado atravesado por una pieza cilíndrica; la superficie del platillo y el extremo de la pieza se recubren de la capa cuya adherencia se quiere ensayar y entonces se determina el esfuerzo de tracción necesario para despegar el cilindro del revestimiento. Los resultados que se obtienen por este sistema son anormalmente bajos, debido en especial a que, por muy ajustado que esté el cilindro en el agujero del disco, queda entre ellos un vacío que origina una discontinuidad en la capa, debilitando la adherencia cerca de los bordes.

En el método de Schenk (5) se recubren por proyección las superficies de dos discos, se sueldan las dos cabezas con metal Wood y se ensaya a tracción. El inconveniente de este método está en que el revestimiento se calienta en el momento de la soldadura, con lo que se debilita su adherencia al obtener valores más pequeños que con otros sistemas de desarrollo más reciente.

Un método que da resultados más regulares e independientes de la técnica operatoria es el de Fassbinder y Sourlary (11), consistente en recubrir una probeta de acero de determinadas dimensiones con el material cuya adhesión se ensaya y someterla luego a tracción hasta la rotura. Debido a la deformación, a cierta distancia de los extremos de la probeta aparecen grietas en el revestimiento y, algo más allá, en las inmediaciones de la sección de rotura, puede hacerse saltar la capa rascando. Así, pues, la distancia a que se encuentran las primeras grietas y la distancia a la cual puede levantarse la capa nos dan una medida convencional de la adherencia, casi independiente del grueso del revestimiento. No damos ningún resultado, pues los índices obtenidos poca cosa dirían para quien no esté habituado a su empleo.

Más modernamente, Ingham y Wilson (12) han propuesto dos métodos especialmente estudiados para ensayar la adherencia de los metales empleados en el recargue de piezas; uno de ellos, de tensión, tiene el mismo fundamento que el de Schoop, y el otro, de deslizamiento, consiste en proyectar material en el extremo de un cilindro hasta constituir un collar y ensayar la fuerza necesaria para hacer deslizar aquél con respecto al cilindro.

A continuación damos unas cifras tomadas en extracto de la revista *Metco News* (marzo-abril y mayo-junio de 1944), referentes a los resultados obtenidos con los mencionados métodos para la adherencia de acero de 0,1 % de carbono, sobre acero, con los métodos ordinarios de preparación.

PREPARACION	Deslizamiento Kg./cm.²	Tensión Kg./cm.²
Preparación con arco eléctrico (medio) ..	658	174
Chorro de granalla de acero	491	185
Ranurado y moleteado	1.023	318
Torneado basto	1.067	165

Para mejor comprensión, los valores de las cargas, que en la tabla original están en libras por pulgada, se han expresado en Kg/cm².

Como se ve, los resultados dependen mucho de la preparación que se haya dado a la superficie. Se comprende, porque en la prueba de deslizamiento, por ejemplo, si se ha preparado la pieza cilíndrica haciendo un roscado, al efectuar la tracción para hacer deslizar el collar no sólo habrá despegamiento, sino también cortadura del material.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Aunque los resultados que hemos dado son de laboratorio, y sin un estudio detenido de cada caso particular no se aspira a hacer uso de los mismos en cálculos de resistencia, bastan para demostrar que la adhesión es más que suficiente para las aplicaciones industriales.

Todas las propiedades a que acabamos de referirnos deben tenerse muy en cuenta cuando se quiere hacer aplicación de la proyección de metales a algún caso concreto. Hay actualmente cierta tendencia, entre los que conocen el sistema, a resolver con él los más variados —y algunas veces disparatados— problemas, sin detenerse a analizar si en aquel caso está o no indicado su empleo, y olvidando que se trata de un proceso que tiene una técnica que, aunque sencilla, no se improvisa.

II.—APLICACIONES

Los usos industriales de la proyección de metales son demasiado variados y abundantes para que podamos extendernos a hacer un estudio sistemático y detenido de todos ellos.

Hay que tener en cuenta que se trata de un método de trabajo que permite obtener depósitos de la casi totalidad de los metales sobre toda clase de superficies, y, por consiguiente, allí donde, para una u otra utilidad, convenga un revestimiento metálico, existe una posible aplicación, siempre que las circunstancias del caso no sean tales que el sistema esté contraindicado.

Por esto, expuestas las propiedades del metal proyectado, que dan idea de las limitaciones del proceso, bastará con que nos refiramos a algunas aplicaciones típicas. La imaginación de los lectores hará el resto y seguramente les sugerirá otros usos relacionados con sus propios problemas.

Para una exposición más ordenada vamos a considerar cuatro grupos de aplicaciones: 1) Revestimientos para proteger contra la corrosión; 2) Revestimientos para proteger contra la acción de las temperaturas elevadas; 3) Revestimientos para la regeneración de piezas desgastadas; 4) Otras aplicaciones.

REVESTIMIENTOS PARA PROTEGER CONTRA LA CORROSIÓN

La mayoría de los elementos vitales de las instalaciones industriales son de metales más o menos atacados por el medio que los rodea; ya sea este el ambiente, como sucede con las estructuras de edificios, puentes, grúas, etc.; el agua, como en las compuertas de las presas; o algún agente químico, como en los reactores, autoclaves, etc.

Para cierta clase de objetos ya hace tiempo que ha quedado perfectamente demostrada la utilidad de los revestimientos con determinados metales para evitar, o por lo menos, retrasar, su corrosión. Hoy día es universal el uso de los revestimientos de zinc, de estaño, de cadmio, de plomo, etc., aplicados por varios procedimientos: electrolíticamente, por inmersión, por cementación, etc., si bien estos métodos tan empleados para piezas pequeñas no son aplicables a las que sobrepasan un cierto tamaño, porque exigen que el objeto sea sumergido en un baño o introducido en un horno.

Esta limitación no existe con los recubrimientos por proyección, que pueden aplicarse a estructuras de cualquier tamaño, incluso, si conviene, en el mismo lugar de su emplazamiento. Así, pues, el proceso que nos ocupa es el único aplicable comercialmente a grandes estructuras; en el caso de pequeños objetos está en competencia con los otros sistemas.

Como se sabe, los revestimientos metálicos contra la corrosión del acero, que es el metal que generalmente se quiere proteger, pueden dividirse en dos grupos, según su potencial electroquímico con respecto al hierro sea tal que, en caso de existir una grieta en la capa protectora, tengan tendencia a prevenir o a favorecer la corrosión del metal de base. En el primer caso, se va atacando el revestimiento, con lo que se agranda la grieta, pero la acción protectora sobre el hierro persiste hasta que se ha descubierto un trozo bastante grande de su superficie; los revestimientos que así actúan se llaman anódicos. En el segundo caso, la capa no se ataca, pero en cambio permite, o incluso activa, la corrosión del metal de base bajo la protección; con este tipo de revestimientos, llamados catódicos, si son perfectos se evita la corrosión del acero, pues el agente atacante no se pone en contacto con este metal, pero al menor defecto que tenga la capa protectora sobreviene el fenómeno que hemos descrito y puede ocasionarse una peligrosa corrosión del metal de base.

De esto se deduce una consecuencia muy importante: si se emplea un recubrimiento por proyección que sea anódico, no tiene importancia su porosidad, y los resultados obtenidos pueden ser idénticos a los de un revestimiento impermeable; y si se emplea un recubrimiento catódico, deberá evitarse que el medio atacante pueda atravesarlo, sea dándole un grueso suficiente para anular su porosidad, o bien, cerrando sus huecos por uno u otro procedimiento.

Frente a la atmósfera, son anódicos el zinc y el aluminio, y, por consiguiente, los recubrimientos con estos metales serán eficaces contra la oxidación atmosférica sin que hayamos de preocuparnos por los poros de la capa.

Hay que hacer notar que la polaridad del par electroquímico formado por el metal de base y el depósito depende de las condiciones del ataque, y, por consiguiente, no siempre sigue la serie electroquímica. Así, por ejemplo, el cadmio, que según su situación en dicha serie habría de ser catódico, se comporta en general como anódico frente al ataque atmosférico. Esta circunstancia hace que algunas veces sea difícil prever el modo de conducirse un revestimiento frente a un cierto ataque químico.

Defensa contra la acción de los agentes naturales.—El metal más empleado para resistir la acción de la atmósfera y de las aguas naturales es el zinc. Desde hace mucho tiempo se emplea el llamado galvanizado, o sea un recubrimiento con zinc obtenido por inmersión en baño de metal fundido. La práctica ha demostrado su efectividad, pero tiene sus limitaciones y sus inconvenientes. En primer lugar, ya hemos indicado antes que el tamaño de las piezas que se desea proteger viene limitado por el tamaño del baño. Además, tiene las siguientes desventajas: 1) El revestimiento no se adhiere bien a ciertas clases de fundición, o de aceros especiales; 2) Debido a la alta temperatura del baño, si se trata de objetos delicados, hay peligro de deformación; 3) La pintura no queda bien adherida a las superficies galvanizadas, a menos que se las someta a algún tratamiento especial, como el fosfatizado.

El método de proyección no presenta ninguno de estos inconvenientes y, si se desea pintar encima del revestimiento, debido a su especial estructura, la capa de pintura queda firmemente adherida, se evita su agrietamiento, conserva el color

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

mucho más tiempo y, en definitiva, su duración resulta varias veces superior a la que tendría si se hubiese aplicado directamente sobre el hierro. Otra particularidad que conviene destacar es la mayor pureza del zinc proyectado, pues en los baños de galvanización el metal fundido se va contaminando con las impurezas del hierro que se sumerge en él.

Por lo que se refiere a precio, no hay correlación entre los dos procedimientos, porque el galvanizado suele facturarse según el peso de la pieza tratada, y el zinc proyectado según la superficie. Sin embargo, no hay grandes diferencias. Resulta más económico el zinc proyectado si se trata de piezas pesadas de poca superficie, y a la inversa en el caso contrario.

En comparación con la pintura, el precio del zinc proyectado es mayor, pero, si se tiene en cuenta que una buena parte del coste corresponde al arenado y que, según las tendencias más modernas, esta preparación conviene aplicarla también en el caso de la pintura, la diferencia de precio queda muy reducida y puede quedar compensada por la mucha mayor duración de la capa protectora.

Efectivamente, el zinc proyectado ha demostrado tener una resistencia a la corrosión atmosférica muy superior a la de la mejor pintura, lo mismo en pruebas de laboratorio que en pruebas de campo.

De entre las primeras, citaremos las realizadas en los laboratorios de la factoría de Barcelona de la «Empresa Nacional de Autocamiones, S. A.», en el mes de septiembre de 1948, sobre probetas preparadas por «Protecciones y Recubrimientos, Sociedad Anónima». Las probetas, consistentes en cuatro planchas de hierro rectangulares, de dimensiones 80 × 120 mm., recubiertas por proyección con zinc, fueron ensayadas en la cámara de niebla salina según el proceso tipo y resistieron sin fallo alguno una exposición de doce días a la acción de una niebla de tipo marino y dieciocho días a la acción de una niebla de tipo industrial.

Según las normas internacionales, el tiempo de exposición en las condiciones del ensayo equivale a la acción de la atmósfera en un clima industrial mediterráneo durante siete años. Terminada la prueba, el revestimiento de las probetas quedó tan intacto —excepto en una, donde se aprecia un pequeño fallo— que incluso pueden leerse sobre él unos números que se anotaron con lápiz antes de someter las planchas a la acción de la niebla. Como término de comparación se ensayaron al mismo tiempo unas probetas análogas protegidas con pintura ordinaria al aluminio —como la que se emplea habitualmente en la protección de postes de alta tensión— y su duración fué apenas el equivalente de dos años de exposición, resultado que está de acuerdo con lo que sucede en la práctica, pues en atmósfera industrial cargada las piezas protegidas con tal tipo de pintura deben repintarse aproximadamente a intervalos de dos años.

De entre las pruebas de campo, destacan por su interés las realizadas recientemente en Inglaterra bajo los auspicios del *The Iron and Steel Institute*, cuyos detalles han sido publicados en un «raport» aparecido en la revista de dicho organismo (13).

Dichos ensayos consistieron, por una parte, en la exposición de gran número de probetas a la acción atmosférica durante cinco años en seis estaciones: tres en Inglaterra, situadas en puntos de características atmosféricas muy diferentes, y tres en ultramar (dos en África y una en la Península Malaya). Por otra parte, otra serie de probetas se mantuvieron sumergidas en el mar durante dos años en dos estaciones de la costa inglesa.

Las probetas ensayadas se habían protegido con distintos metales por todos los procedimientos industriales en uso, incluyendo los de cementación, electrólisis, inmersión en baño y proyección con los tres tipos de pistolas (de metal fundido, de polvo y de alambre).

Las interesantísimas conclusiones a que se llegó, que transcribimos extractadas del informe mencionado, son las siguientes: 1) El zinc es, como regla general, el metal más útil en la protección del acero expuesto a la atmósfera o continuamente sumergido en agua de mar; 2) El factor más importante en la vida del revestimiento es el peso de zinc aplicado por metro cuadrado; tiene poca influencia el procedimiento de aplicación; 3) Los revestimientos de zinc de 0,12 mm. de espesor estaban prácticamente intactos después de dos años de inmersión en agua de mar; 4) Los recubrimientos de cadmio son, en general, inferiores a los de zinc en igualdad de espesor; 5) Los revestimientos de aluminio obtenidos con la pistola de alambre o con la de metal fundido protegen muy bien el acero en la atmósfera o en el agua de mar; los aplicados por otros métodos no dieron buen resultado; 6) Los revestimientos de plomo puro, aleación plomo-estaño y estaño puro dieron mal resultado, excepto en la protección contra atmósfera industrial.

Casi todas estas conclusiones podían preverse; sin embargo, hay una inesperada, la que se refiere al excelente resultado del aluminio, que viene a consagrar una nueva aplicación de este metal desarrollada en los últimos años.

Efectivamente, no se había pensado en el empleo de los revestimientos de aluminio para proteger contra la corrosión por la sencilla razón de que no existe, aparte del de proyección, ningún método aplicable en escala comercial para obtenerlos. Si bien es muy probable que el zinc conserve la primacía para la aplicación a que nos referimos, el aluminio puede constituir una solución útil para ciertos casos especiales, como, por ejemplo, en los tanques de almacenaje de petróleo o gasolina, donde un revestimiento con aluminio no solamente protege su exterior de la corrosión atmosférica, sino que, por el poder reflector de dicho metal, evita el calentamiento del interior del tanque. También puede ser conveniente el empleo del aluminio en la protección de estructuras situadas en atmósferas industriales exageradamente cargadas de gases sulfurosos, que podrían atacar al zinc.

En resumen, el aluminio y el zinc proyectados cubren por completo el campo de la protección contra la acción atmosférica y contra la acción de las aguas sean dulces o de mar. Debe elegirse en cada caso el metal que esté más indicado. Como aplicación típica, citaremos la protección con zinc del interior y exterior de depósitos de agua y de tuberías; destacando entre estas últimas las tuberías forzadas de las centrales hidroeléctricas donde el zinc proyectado es el medio más empleado en el extranjero para proteger las de nueva instalación (14). También se utiliza en la protección de compuertas de presas. Es obra modernísima protegida por este sistema, la compuerta de sector doble de la presa de Rupperswill-Auenstei, en Suiza (fig. 8).

Asimismo, en los objetos medianos y pequeños pueden darse abundantes ejemplos de aplicaciones del proceso. Por el enorme número de piezas que se han llegado a proteger durante la pasada guerra, citaremos, en primer lugar, el caso de los cilindros de motores de aviación, que se recubren exteriormente con alu-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

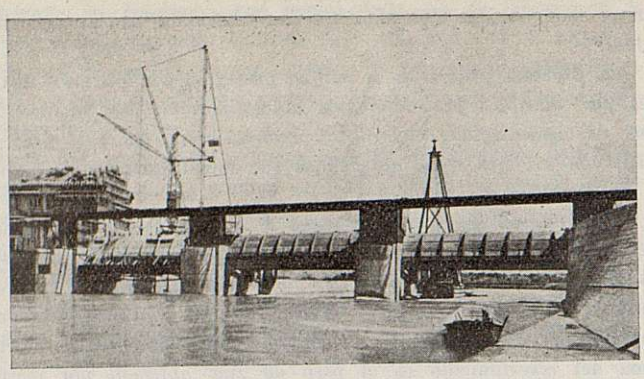


Fig. 8.—*Vista general de la presa de Rupperswill-Auenstei (Suiza), cuyas compuertas están protegidas con zinc proyectado. (L'Ossature Metallique.)*

minio para prevenir su oxidación. Otras muchas piezas de aviones se protegen por el mismo sistema, lo mismo si son de acero que si son de aleaciones ligeras, pues hay que tener en cuenta que estas últimas, en general, son poco resistentes a la corrosión, mientras que con un recubrimiento de aluminio puro resisten bien a la acción de la atmósfera.

No seguiremos, pues se comprende que podrían citarse centenares de otros usos, tales como la protección de ventiladores, serpentines, piezas de cámaras frigoríficas, elementos de carpintería metálica, boyas, áncoras de buques, etc.

Revestimientos contra la acción de agentes químicos.—Todo el que haya intervenido en la industria química, sabe que uno de los capítulos mayores que aparecen en la cuenta de gastos de fabricación de una empresa de este ramo, es el de la renovación y reparación de los elementos destruídos por la corrosión, debida a los agentes que intervienen en las reacciones.

Así, se comprende el enorme esfuerzo que se ha dedicado y se dedica actualmente a la investigación del fenómeno y al estudio de los medios de atenuar sus efectos, ya que el evitarlos es, en general, imposible, por lo menos en términos industriales. Y, a pesar de estos trabajos, el problema es tan complejo que no ha sido posible encontrar soluciones generales aplicables a todos los casos iguales o parecidos; en realidad, cada caso constituye de por sí un problema aislado, un caso particular, que debe ser resuelto también en particular.

Para comprender el porqué sucede así, bastará con que analicemos los factores que intervienen aún en el caso más sencillo de corrosión: 1) La naturaleza y la concentración del agente atacante; 2) La temperatura; 3) La presencia de dos metales diferentes o de concentración entre dos puntos de este líquido, circunstancias que originan fenómenos electroquímicos; 4) Las impurezas del agente y las del metal que ha de resistirlo; 5) La

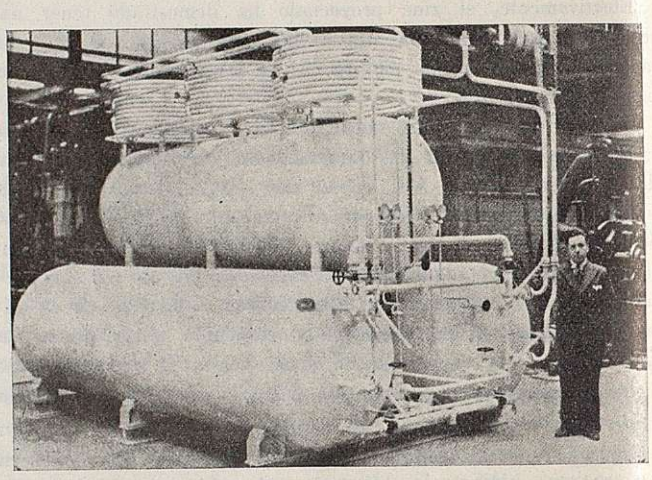


Fig. 10.—*Planta frigorífica de gran tamaño zincada por proyección, exhibida en la Feria de Industrias Británicas de 1948 (British Engineering Export Journal).*



Fig. 9.—*Recubrimiento con aluminio de una chimenea de plancha de hierro de 75 pies de la fábrica de hojas de afeitar Gillette, en Middlesex (Metallisation, Ltd.).*

acción atmosférica, si se trata de un proceso que deja en algún momento al material resistente en contacto con la atmósfera; 6) La erosión mecánica.

En el caso de que se quiera proteger a un metal atacable por una capa superficial de otro que lo sea menos, hay que tener en cuenta, además, lo siguiente: La capa que se aplica es siempre delgada, pues de lo contrario, el recubrimiento pierde sus ventajas desde el punto de vista económico, y como, en realidad, todos los materiales, aún los que se tienen por más resistentes, son atacados, la duración del revestimiento sólo será aceptable en el caso de que la velocidad del ataque sea muy reducida. Así, pues, algunos materiales que se emplean ordinariamente en la industria química frente a determinados agentes, a pesar de ser sensiblemente atacados, utilizando grandes espesores, que se van reduciendo por la corrosión con el transcurso del tiempo, no son adecuados para emplearlos como recubrimientos, porque, al ser la capa delgada, desaparecería al poco tiempo. El mismo razonamiento se aplica a los casos en que hay desgaste mecánico, debido, por ejemplo, a la existencia de cristales en el seno del líquido atacante.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Lo dicho hará comprender que hay que ir con pies de plomo al adoptar cualquier tipo de revestimiento para un aparato de industria química; y más aún si se trata de aplicarlo por proyección, puesto que en este caso hay que tener en cuenta que, según sea la polaridad del par formado por el metal proyectado y la base, la porosidad de la capa puede ser perjudicial. Se explica perfectamente que haya habido algunos fracasos al emplear impremeditadamente recubrimientos de metal proyectado, con la creencia simplista de que el resultado práctico debía ser exactamente el deducido de consultar una tabla de corrosión.

Sin embargo, esto no quiere decir que no existan aplicaciones en las que pueden obtenerse buenos resultados, pues hay centenares de ellas. Lo que sucede es que debe hacerse en cada caso un estudio para determinar, en primer lugar, si el sistema es o no apropiado; en segundo lugar, qué material conviene emplear, y, en tercero, si es preciso dar algún tratamiento a la superficie del revestimiento, con objeto de cerrar sus poros. Esta operación es indispensable en los recubrimientos anódicos, como son el cobre, plomo, estaño, etc., y puede consistir en frote con cepillos giratorios de acero, completado por el relleno de los huecos que puedan quedar con materias inertes apropiadas.

Otro procedimiento para cerrar los poros, que da resultados completamente seguros, es el bruñido de la superficie, que puede efectuarse en muy buenas condiciones cuando se trata de piezas que puedan acabarse al torno, como es el caso de los ejes de bombas, cuerpos y machos de válvulas de paso, etc. Esta clase de piezas pueden recubrirse con acero inoxidable, metal monel, bronces, etc., y una vez revestidas se comportan exactamente como si fueran macizas (fig. 11).

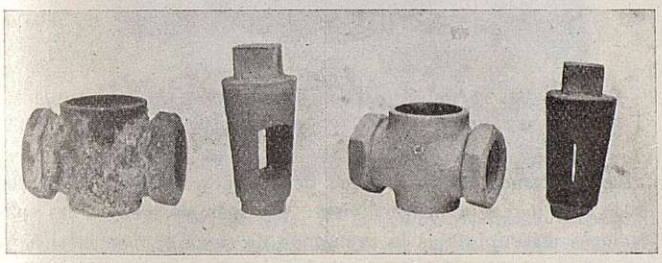


Fig. 11.—*Llave de paso de hierro fundido, fuertemente corroída, antes y después de ser regenerada y protegida contra ulterior ataque mediante una gruesa capa de bronce especial. (Protecciones y Recubrimientos, S. A.)*

El campo de aplicación de cada uno de los metales comúnmente empleados en la industria química (aceros inoxidables, cobre, plomo, estaño, etc.) es conocido, y por ello no nos detendremos en su estudio. Pero, sin embargo, no queremos dejar de decir siquiera unas palabras respecto a dos metales que hasta ahora han sido poco empleados en los aparatos químicos, por lo menos en calidad de revestimiento: el aluminio y el zinc.

El aluminio es muy útil para resistir la acción de bastantes agentes, como son los ácidos orgánicos débiles, el ácido sulfhídrico, los aceites, etc. En la industria de los productos alimenticios, donde se ha convertido en una rutina el empleo de los revestimientos de estaño, el aluminio proyectado puede substituir con ventaja a este metal, por ser más económico y no tener tendencia a picarse. Además, si se tiene en cuenta que, con el nombre de «estañado», se aplican muchas veces capas que en realidad son de aleación que contiene plomo, metal que como se sabe es venenoso, se comprenderá que el empleo del aluminio, que es completamente inofensivo para la salud, representa una mayor garantía de que los productos fabricados no estarán contaminados de substancias tóxicas.

Los revestimientos de zinc también tinen alguna aplicación en la industria química, por ejemplo en la protección del interior de tanques para la preparación de fenoles y cresoles, depósitos de petróleo, de glicerina, de disoluciones de azúcar; en el revestimiento de mezcladores de viscosa empleados en la fabricación de la seda artificial, etc. Asimismo, se emplean en máquinas de lavar y en autoclaves.

PROTECCIÓN CONTRA LA ACCIÓN DE TEMPERATURAS ELEVADAS

Una aplicación especial de los recubrimientos por proyección es el proceso consistente en la aplicación de una capa de aluminio, seguida de un tratamiento térmico especial que hace que el aluminio se difunda parcialmente en la superficie del metal de base. El resultado es que la pieza tratada se hace mucho más resistente a la oxidación a elevadas temperaturas.

La difusión de aluminio en los metales puede también conseguirse por cementación, calentando el objeto que se quiere proteger en capas que contengan polvo de aluminio con determinadas substancias, pero el método («calorización»), como es natural, sólo se puede aplicar a piezas pequeñas, y, además, existe algún peligro de deformación de las mismas.

Siendo así, y teniendo en cuenta los excelentes resultados que se obtienen con el proceso que emplea el aluminio proyectado, se comprende que éste haya constituído un evidente éxito comercial. Existe gran número de patentes sobre el mismo, y que han recibido varios nombres comerciales: «Aluminizado», en Inglaterra; «Metcolizado», en U. S. A.; «Oxalizado», en España, etc.

Se aplica especialmente al hierro, al acero y al cobre. En el caso del hierro, la difusión hace que se formen tres capas, que pueden apreciarse en la microfotografía de la figura 12. La primera capa (1) está constituída por una disolución sólida de hierro y aluminio; la segunda (2), por una aleación hierro-aluminio, de fórmula $Al_3 Fe$, con algo de aluminio libre: la tercera (3) es una delgada película de óxido de aluminio. Esta última capa es refractaria e impermeable a los gases, y es la que impide la acción del oxígeno. Por su gran adherencia salta difícilmente, pero si, por un golpe suficientemente fuerte queda al descubierto la capa siguiente, inmediatamente se forma una nueva película de óxido en el punto de la rotura y las cosas quedan como antes. Algunas veces, al cabo de varias horas de exposición a 800° C., salta la segunda capa, pero queda la siguiente, que continúa protegiendo aún durante mucho tiempo.

Por encima de los 1.000° C. el proceso no da tan buenos resultados, pues, debido a la rápida difusión del aluminio, la capa externa se empobrece en este metal y pierde sus propiedades protectoras. Para este caso se emplea, en vez de aluminio, una aleación especial de níquel y cromo.

Del sorprendente resultado del sistema, dará una idea el siguiente resumen de unas pruebas realizadas en el Laboratorio de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO



Fig. 12.—*Cesta de hidroextractor recubierto con plomo para resistir la acción de las aguas amoníacales. (Protecciones y Recubrimientos, S. A.)*

Ensayos de la Diputación de Barcelona sobre probetas preparadas por una empresa de dicha ciudad:

El ensayo consistió en someter cuatro probetas de plancha de hierro tratadas, e igual número sin tratar, a la temperatura de 900° C. durante 500 horas, en períodos alternados con otros en que se dejaban enfriar las piezas, separando la cascarilla formada. La pérdida de peso de las probetas fué la siguiente:

PROBETAS OXALIZADAS

Peso inicial	*Pérdida de peso*	
Gr.	Gr.	%
294	5	1,7
240	2	0,83
285	5	1,75
518	4	0,77

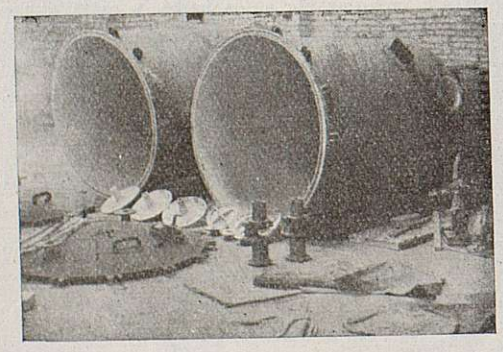


Fig. 13.—*Calderas para la obtención de ácidos orgánicos revestidas con aluminio. (Protecciones y Recubrimientos, S. A.)*

PROBETAS SIN OXALIZAR

Peso inicial	*Pérdida de peso*	
Gr.	Gr.	%
300	68	22,6
300	75	25,0
335	89	26,5
548	99	18,1

Más expresiva aún que estas cifras es la fotografía de la figura 15, donde aparecen los frascos que contienen la cascarilla separada de las piezas durante el ensayo en uno y en otro caso.

La práctica industrial confirma el resultado de estos experimentos, pues se ha observado que las piezas protegidas duran, como mínimo, tres veces más, y algunas veces hasta diez veces. Por otra parte, es posible repetir el tratamiento cuando la protección ha perdido su efectividad.

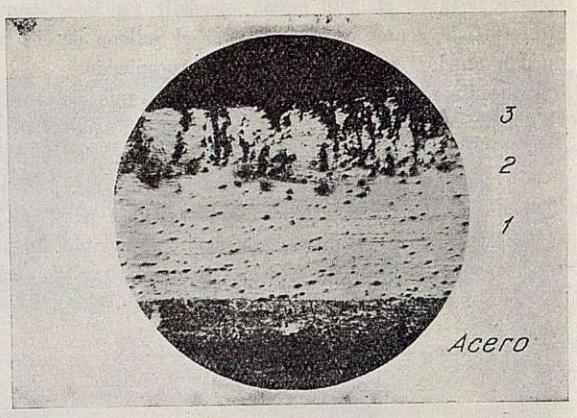


Fig. 14.—*Microfotografía de una superficie tratada por difusión de aluminio. (Protecciones y Recubrimientos, S. A.)*

La importancia económica que tiene el proceso es mucho mayor de lo que parece a primera vista: por ejemplo, una de las aplicaciones más típicas es la protección de cajas de cementación, y, para dar una idea del dinero que se pierde por la oxidación de estas piezas en el horno, diremos que una importante metalúrgica de Barcelona gasta en cajas de cementación una 300.000 pesetas anuales.

Además de las cajas de cementación, existen otros variados objetos, cuya protección es muy ventajosa, como son los potes de cianuración, tubos de recalentadores de calderas, recuperadores de calor, parrillas de hogares, chimeneas metálicas, tubos de pirómetros, etc. En Inglaterra, el proceso está especificado por el Ministerio del Aire para protección de los tubos de escape de los aviones.

RECARGUE DE PIEZAS

Otra aplicación característica del proceso de proyección de metales es el recargue de piezas desgastadas (o que han sufrido algún error de mecanizado) mediante capas del metal o aleación que convenga.

Como se comprende, dentro de ciertos límites el sistema está en competencia con el cromado electrolítico y con la soldadura eléctrica o autógena; pero cada uno de los tres sistemas tiene

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

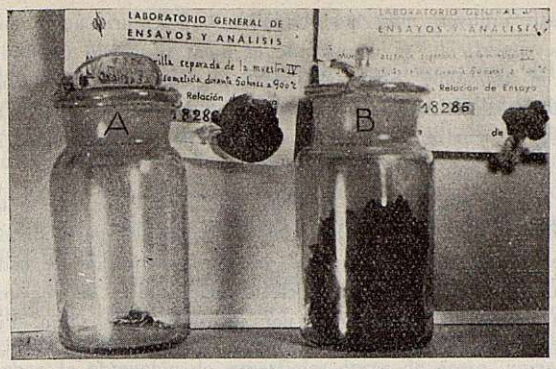


Fig. 15.—*Cascarilla separada de dos probetas de plancha de hierro sometidas a un ensayo de oxidación en idénticas condiciones. A), procedente de probeta oxalizada; B), procedente de probeta no tratada. (Protecciones y Recubrimientos, S. A.)*



Fig. 16.—*Partida de cajas de cementos oxalizadas para protegerlas contra la oxidación en el horno. (Protecciones y Recubrimientos, S. A.)*

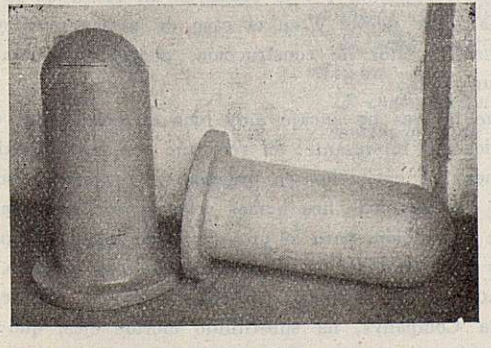


Fig. 17.—*Crisoles para baño de sales protegidos por oxalizado. (Protecciones y Recubrimientos, S. A.)*

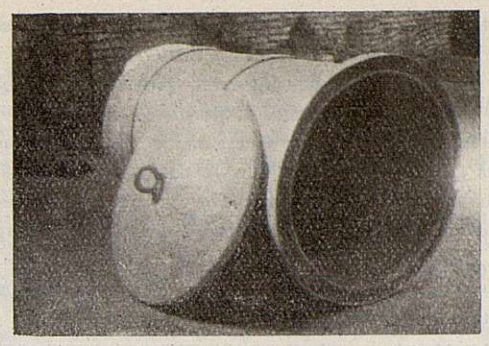


Fig. 18.—*Caldera de un horno de recocer tratada por difusión de aluminio (oxalizado). (Protecciones y Recubrimientos, S. A.)*

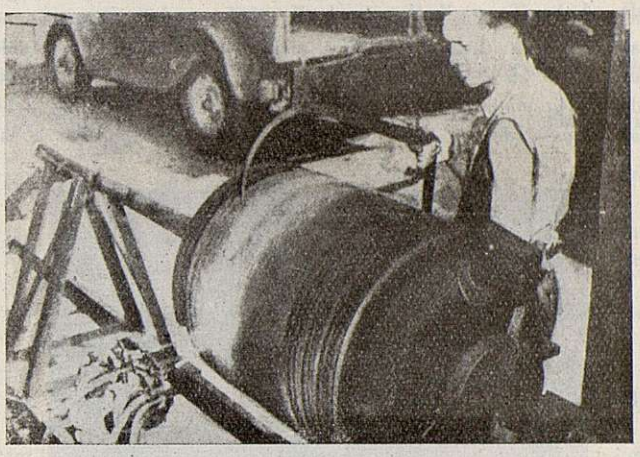


Fig. 19.—*Recargue por proyección de un pistón de motor Diesel de gran potencia. (Petroleum World; fot. Metallizing Co. of America.)*

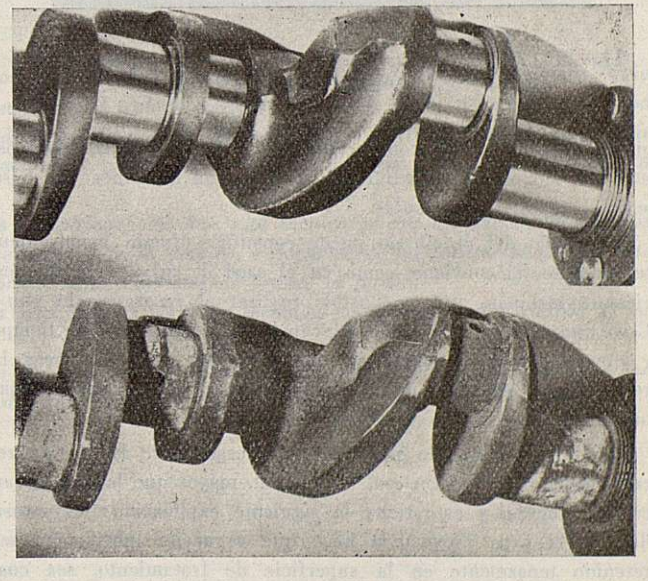


Fig. 20.—*Cigüeñal fuertemente desgastado, antes y después de su recargue por proyección de acero. (Metallisation, Ltd.)*

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

sus características propias que le fijan un campo de acción bien definido. Efectivamente, el cromado duro convendrá en aquellos casos en los que hay que regenerar piezas cuyo desgaste sea pequeño, pues de lo contrario, el precio es prohibitivo. También hay que tener en cuenta que el tamaño de la pieza viene limitado por el tamaño del baño. Con la soldadura se consigue una resistencia mecánica muy grande de la parte recargada y no hay limitación por lo que se refiere a grueso de la capa, pero, debido a que el elemento recargado se calienta mucho, es frecuente que se originen deformaciones o peligrosos cambios en la estructura del metal.

La aplicación de metal por proyección no da una adherencia tan grande, y el revestimiento no resiste bien el golpeo ni los esfuerzos de tracción, pero, en cambio, aguanta perfectamente los mayores esfuerzos de compresión a que puede estar sometido en la práctica, y su resistencia al desgaste es mejor aún que la del metal en masa. Por lo que se refiere al grueso del recargue, no hay limitación: hemos visto una pieza cuyo diámetro había sido aumentado en 8 milímetros por proyección de acero. Como, además, la temperatura del objeto, si se trabaja en forma debida no pasa de los 200° C., el sistema puede aplicarse a las

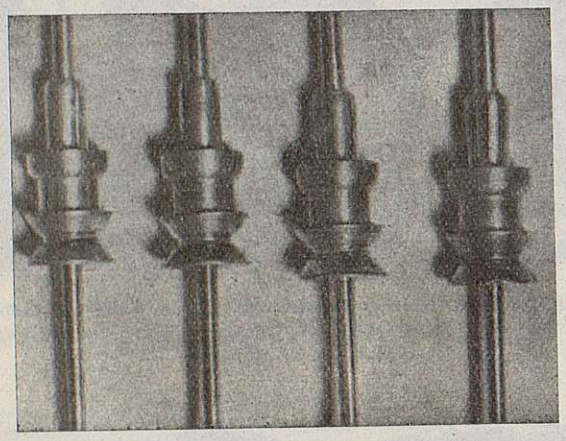


Fig .21.—*Husos textiles desgastados dispuestos para su recargue con acero proyectado. (Metco News.)*

piezas más delicadas, como cigüeñales, ejes de levas, vástagos, etcétera, sin el menor peligro de que pierdan su alineación, o su temple, si estaban tratadas.

El tamaño del objeto no puede constituir ningún inconveniente; incluso, si conviene, como en el caso de árboles de buques, ejes de turbinas, etc., es posible realizar el recargue «in situ». Creo que no hay que hacer hincapié en la economía de tiempo y dinero que proporciona en uno de estos casos el hacer la regeneración sin desmontar órganos que a veces pesan muchas toneladas.

Hemos dicho que la resistencia al desgaste de las piezas recargadas por proyección era, en general, mayor que la que tenían cuando nuevas, y esto tiene la siguiente explicación: la porosidad de la capa proyectada hace que el aceite lubrificante sea retenido tenazmente en la superficie de frotamiento, sea cual sea la presión de contacto, lo mismo exactamente que sucede en los cojinetes sinterizados. Como los más recientes estudios demuestran que —contra la creencia muy extendida— en el desgaste influyen más las condiciones de lubrificación que la dureza superficial, se comprende el buen resultado obtenido.

En el año 1939, Shaw (15) hizo un concienzudo estudio del comportamiento de las superficies de acero proyectado frente al desgaste, realizando muchos ensayos, de los que vamos a dar un resumen por considerarlo de interés.

Se efectuó una serie de pruebas en 22 vehículos con motor de gasolina o Diesel, entre los que había coches particulares, camiones y autobuses. La mitad de las muñequillas de cada cigüeñal se rebajaron en una cierta magnitud y se regeneraron a sus primitivas dimensiones por proyección de acero. Puestos de nuevo en servicio los vehículos, se fué comprobando periódicamente el desgaste de las muñequillas y de los cojinetes. Se dieron por terminadas las pruebas después de que cada vehículo hubo recorrido 15.000 millas. Reunidos los resultados, se observó, por término medio, en las muñequillas recargadas un desgaste de 15 a 50 % menos que en las otras, según el tipo de motor; y en los cojinetes correspondientes a las muñequillas de metal proyectado se comprobó que el desgaste era de 40 a 55 % menor que en los de las muñequillas ordinarias.

Otra de las pruebas consistió en hacer girar, sobre cojinetes de metal blanco, un eje de acero cementado y otro recubierto por proyección con acero, en igualdad de condiciones. En un momento dado se cortó el suministro de aceite; mientras el eje ordinario se agarrotó al cabo de tres horas, el del metal proyectado tardó 22,5 horas.

No nos vamos a extender en la enumeración de aplicaciones del proceso de proyección a la regeneración de piezas, pues en realidad, exceptuando aquellos casos en los que el depósito deba sufrir tracción o golpeo, cualquier superficie plana o curva (y, en este caso interior o exterior) puede ser recargada con buen éxito por proyección, y, por consiguiente, hay innumerables elementos de máquinas que pueden constituir un ejemplo.

Como casos típicos pueden citarse: el recargue, con diversos tipos de aceros, de cigüeñales, tambores de freno, guías y ejes de máquinas-herramientas, vástagos de émbolo de locomotoras, pistones de grandes motores, etc.; recargue con bronce, níquel o inoxidable de los rodillos para la industria papelera; recargue con bronce o metal Babbit de los cojinetes; recargue con cobre de los anillos de máquinas eléctricas, émbolos de prensa hidráulicas, etc.

Claro está que cuanto más complicada sea la pieza, más economía puede proporcionar el regenerarla. Para dar una idea sobre el coste de la operación, diremos que, en el caso de un cigüeñal, puede representar por el orden de un 10 % de lo que costaría una pieza nueva, y en el caso de piezas sencillas, y por consiguiente baratas de construcción, puede representar alrededor de un 50 %.

Aunque tal vez no encaje muy bien en este lugar, citaremos otra aplicación interesante: el recargue con acero inoxidable de corrosiones por cavitación en órganos de turbinas y bombas.

En lo que antecede nos hemos referido exclusivamente a trabajos de reparación, pero la proyección de metal se aplica cada día más a la producción. Por citar un solo ejemplo, diremos que una conocida fábrica norteamericana de motores Diesel, la «Buda Company», ha substituído ciertos ejes, que se construían totalmente de acero inoxidable, por otros constituídos por un redondo de acero laminado recubierto de inoxidable.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

OTRAS APLICACIONES

Vistos los tres campos de aplicación más importantes del proceso, o sea, la protección contra la corrosión, contra la acción de las temperaturas elevadas y el recargue de piezas, quedan un sin fin de aplicaciones algo difíciles de clasificar, cuya variedad es tal que alcanza desde la confección de moldes para dentaduras postizas hasta la protección de ataúdes de madera con zinc proyectado.

En el terreno industrial, citaremos la reparación de defectos de fundición, cuando no afectan a la resistencia mecánica de las piezas; la reparación y fabricación de moldes para plásticos y caucho; la obtención de superficies duras de acero, aptas para resistir el frotamiento, sobre piezas de metales ligeros o de madera; la protección superficial de modelos de fundición de madera; la obtención de superficies conductoras sobre materiales aislantes, por ejemplo para actuar como pantalla eléctrica, etc., etc. En el campo artístico existen también muchas posibilidades, que no vamos a exponer aquí, porque se apartan del tema de este trabajo.

CONCLUSIÓN

Creemos que con lo dicho hay suficiente para dar una idea de las posibilidades del proceso de proyección de metales. Puede decirse que, hasta el presente, estas posibilidades no han sido aprovechadas en nuestro país, por lo que sería de desear que técnicos y empresarios volviesen los ojos hacia un proceso que tanto puede beneficiar a la economía de las empresas, especialmente en una época como la actual, en la que es preciso llevar al máximo el ahorro de primeras materias, de mano de obra y de tiempo.

Mayo 1950.

BIBLIOGRAFIA

(1) B. P. 483, 519 - 568, 281 - 568, 640 y 568, 541.

(2) Turner y Ballard, *Metal Spraying and Sprayed Metals*, J. Inst. Met., 1924, 32, núm. 2, 291; Rollason, *Metal Spraying Process and some characteristics of the deposit*. J. Inst. Met., 1937, 60, núm. 1, 35 - 66.

(3) Gunter y Schoop, *Das Schoop Metallspritzverfahren*. Verlag der Technischen Monatshefte. Stuttgart, 1917.

(4) Arnold, Zeit, *Für angewandte Chemie*, 1917, 30 (1), 209 218 y Met. Ind., 1918, 12, 121, 146 165.

(5) Schenk, *L'adherence et la compacité des couches protectrices obtenues par le procedé Schoop*. Berlín, 1933. Kuck et Kubte, editores.

(6) Ballard, *The formation of sprayed deposis*. Pros Phys. Soc., 1945, 57, pág. 67.

(7) Thormann, *Untersuchungen über das Metallspritzverfahren nach Schoop*. 1933. Karlsruhe, Badische Tecnische Hochschule Fredericiana.

(8) Everts. *Die Dichtigkeit gespritzer Metallüberzüge*. Z. Metallkunde, 1936, 28, 143 - 150.

(9) Schoop y Daeschle, *La Metallisation par projection*. París, 1938, ed. Dunod, pág. 115.

(10) Tolley, *Characteristies of Sprayed Metal, Metallurgia*. Sept. 1948, 263 - 266.

(11) Fassbinder y Soulary, *A contribution to the study of metal coating with the pistol*. 12th. Internat Cong. Acet. Oxy-Acet. Weding and Allier Ind., 1936.

(12) Inghan y Wilsson, *Procedures for testing metallising bond* Iron Age, 1944, 44 - 49.

(13) *Journal of the Iron and Steel Institute*, núm. II, 1946.

(14) Dautry, *La protecction des conduites forcés*. La Houille Blanche, Mayo-Junio, 1947, 185 - 188.

(15) Shaw, *Metal - sprayed Bearing for High - speed Operation*. Assoc. of Metal Sprayers, Marzo 1939.

Para comentar este trabajo, el Presidente concede la palabra a don Angl Balbás, quien dice que la técnica que se propugna en el trabajo, se aplica ya desde hace varios años en Bilbao y en Zaragoza, y que en Madrid, la Compañía Española de Electrodos realiza esta técnica con material de construcción nacional y propio, mientras que las otras mencionadas actúan con maquinarias importadas.

Habla a continuación de las aplicaciones en que esta técnica puede utilizarse, deteniéndose en el proceso seguido y en la tecnología de su empleo, especialmente en reparaciones de grietas en piezas de fundición y en fabricación de cojinetes de bronce al plomo.

El señor Lastra se interesa por algunos detalles tecnológicos que el señor Balbás le suministra.

A continuación se pasa, por no estar presentes sus autores, a la lectura de los resúmenes y conclusiones de los trabajos siguientes: números 140, 147 *y* 188.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 140. - Consideraciones y dificultades sobre la fabricación de instrumentos de a bordo y de otros aparatos de precisión

Autor: D. JERÓNIMO MORALES DE LA FUENTE
Ingeniero Aeronáutico

Pasada ya la primera etapa de dificultades surgidas en la fabricación de estos aparatos, queda, sin embargo, una serie de problemas, todavía no resueltos en su totalidad y que, en su mayor parte, dependen del empleo de materia prima de características inferiores a las que se necesitan, que traen como consecuencia la disminución de velocidad en la carrera ascendente que por lograr la mejor calidad de productos fabricados, mantiene la industria nacional y los organismos técnicos del Estado que con la misma colaboran.

Por este motivo hemos creído conveniente tratar, en este trabajo, cada uno de los puntos que hasta el momento han supuesto dificultad para nuestra industria, señalando en todos ellos las características de los materiales que resuelven el problema, y, cuya obtención o importación, abortarían los inconvenientes que hasta ahora se han opuesto a que los instrumentos de fabricación nacional no hayan alcanzado mayor grado de perfección.

CÁPSULAS ANEROIDES, DIAFRAGMAS Y TUBOS «BOURDON»

Estos elementos constituyen parte muy importante del mecanismo de numerosos instrumentos de a bordo y son fabricados con bronce fosforoso que tiene el suficiente grado de acritud para conseguir la debida elasticidad. Para ello se somete al material a envejecimiento mediante fatiga del mismo, habiéndose obtenido en cuanto a los tubos «bourdon» una estabilidad de sus propiedades elásticas con unas tres mil emboladas a presión de un 50 % superior al máximo de la escala.

Pero las cápsulas y los diafragmas, teniendo que actuar con sensibiliad muy superior, requieren el empleo de materiales más exigentes en lo referente al módulo elástico y a la estabilidad. Sabemos que a los diafragmas planos se les imprime por embutición unas ondulaciones que nos proporcionan mayor uniformidad y amplitud en las flechas, y que trae consigo para el bronce fosforoso (y la plata alemana) un estado de acritud cuyas tensiones influyen de manera perjudicial en el comportamiento de las cápsulas a través del tiempo.

Ahora bien, este inconveniente desaparece empleando el cobre berilio, o bronce al glucinio, para fabricar los diafragmas, puesto que este material presenta propiedades altamente satisfactorias, como veremos a continuación.

El bronce al glucinio es una aleación de cobre con el 2 al 2,3 % de glucinio y el 0,4 % de níquel que une a las cualidades mecánicas del acero de resortes, las de inoxidabilidad, conductibilidad térmica y eléctrica y amagnetismo de los bronces. Se le puede someter a embutición en estado de recocido, y posterior-

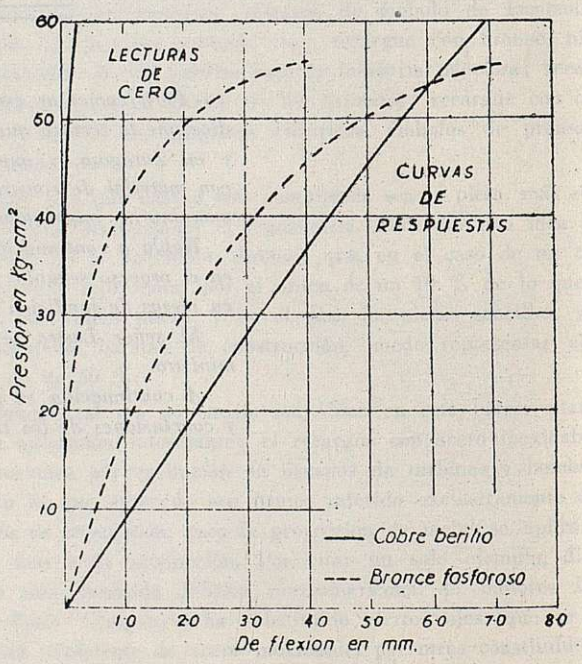


Fig. 1 c.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

mente se le da la dureza conveniente mediante el temple y revenido de endurecimiento.

El diferente comportamiento del bronce fosforoso y del bronce al glucinio en cuanto a las deflexiones obtenidas para diversas cargas se ve claramente en la figura (1c).

En figuras (2c, 3c, 4c, 5c, 6c, 7c, 8c) sucesivas, representamos las diversas propiedades que los tratamientos térmicos, en diversas circunstancias, proporcionan al bronce de glucinio.

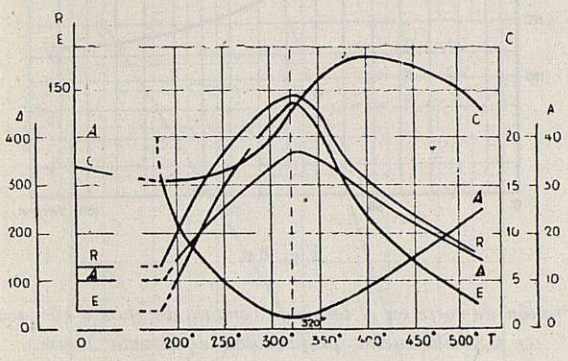


Fig. 2 c.

Propiedades según revenido a diversas temperaturas del bronce al glucinio con 2,23 % Gl laminado y templado.

A = Alargamiento %.
C = Conductibilidad % de cobre.
E = Límite elástico en kg/mm².
R = Carga de ruptura.
T = Temperatura de revenido de 4 horas.
Δ = Dureza Brinell.

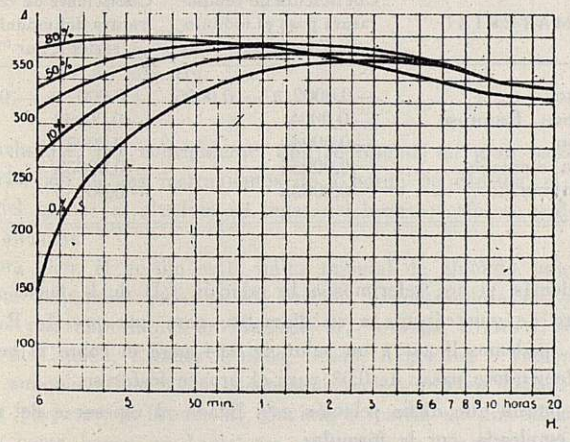


Fig. 3 c.

Influencia del revenido a 350° del bronce con 2,01 % Gl laminado, templado.

H = Dureza del revenido.
S = % de compresión.
Δ = Dureza Brinell.

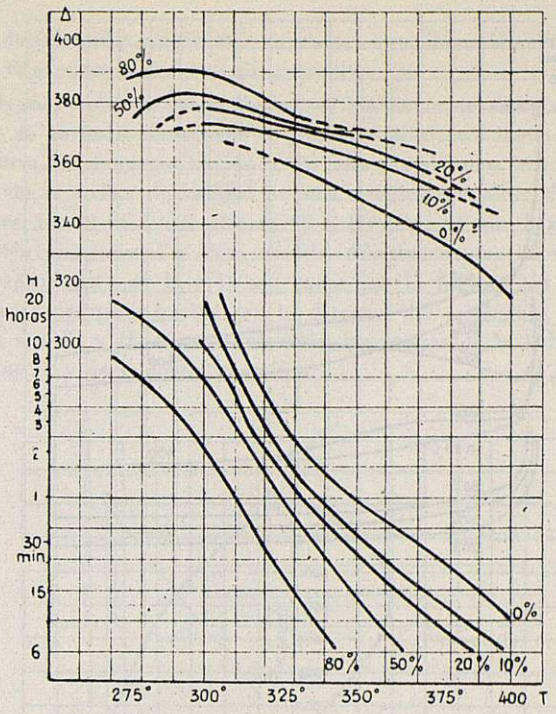


Fig. 4 c.

Endurecimiento máximo del bronce con 2 % Gl laminado.

H = Duración del revenido.
S = % de compresión.
T = Temperatura de revenido.
Δ = Dureza Brinell.

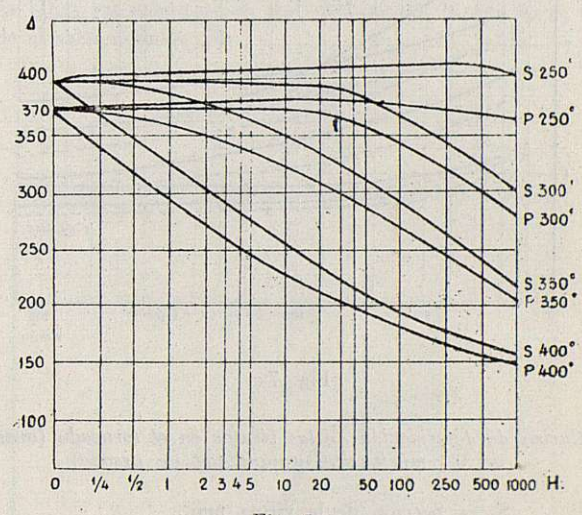


Fig. 5 c.

Dureza del bronce al glucinio después de recocidos de larga duración.

H = Duración del recocido, horas S.
P = Templado.
S = Trabajado en frío.
Δ = Dureza Brinell.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

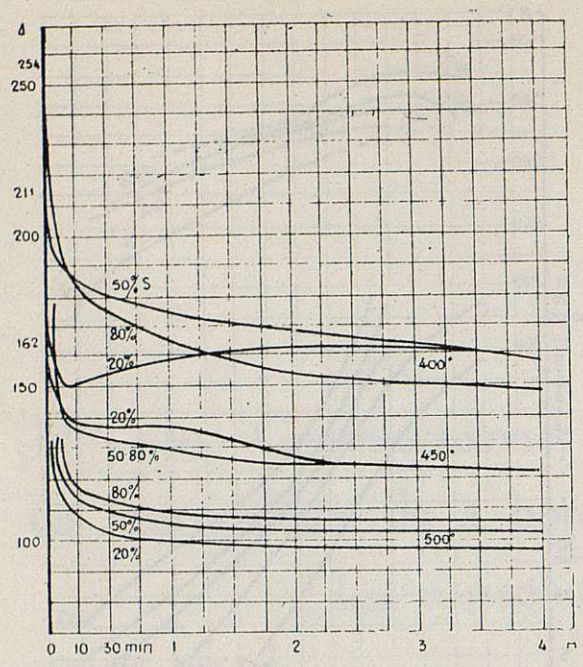


Fig. 6 c.

Recocido del bronce al glucinio.

H = Duración del recocido, horas.
S = % de compresión.
Δ = Dureza Brinell.

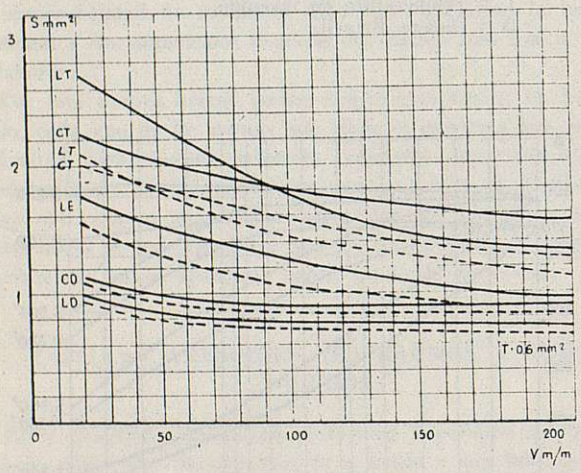


Fig. 7 c.

Curvas de deformación de las virutas en el torneado (avance, 0,3 mm/vuelta profundidad de pasada).

S = Sección de la viruta mm².
T = Sección teórica 0,6 mm².
V = Velocidad de corte m/mn.
CT = Bronce moldeado templado.
—— = Ángulo de afilado 10°.
- - - = Ángulo de afilado 20°.
CD = Bronce moldeado endurecido.
LT = Bronce laminado templado.
LE = Bronce comprimido.
LD = Bronce laminado endurecido.

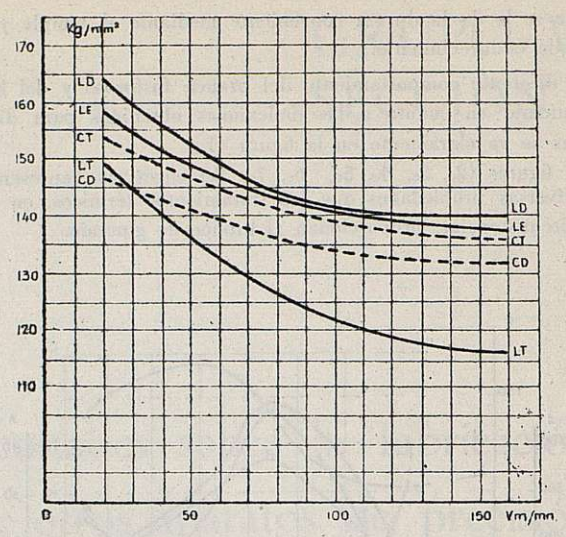


Fig. 8 c.

Presión de corte en el torneado (ángulo de afilado 10°, avance 0,3 mm/vuelta, profundidad de pasada 2 mm.).

P = Presión de corte kg/mm².
V = Velocidad de corte m/mn.
CT = Bronce moldeado templado.
CD = Bronce moldeado endurecido.
LT = Bronce laminado templado.
LE = Bronce comprimido.
LD = Bronce laminado endurecido.

Por otra parte, la comparación del coeficiente de temperatura para el módulo de Joung por grado centígrado y de dicho coeficiente para el módulo de rigidez también por grado centígrado, como se expresa en el siguiente cuadro, le dan supremacía al cobre berilio sobre los otros materiales comparados.

MATERIAL	Coeficiente de temperatura para el módulo de Young, por °C	Coeficiente de temperatura del módulo de rigidez, por °C
Acero...	— 0,0002 a — 0,0005	— 0,0002 a — 0,0003
Bronce fosforoso ...	— 0,0004	— 0,00048
Latón	— 0,0004	— 0,0005
Plata alemana	— 0,00035	— 0,00035
Cobre-berilio...	— 0,00035	— 0,00033

Además, si nos referimos a la relación f/D de la flecha en el centro de una cápsula a su diámetro, para una presión P aplicada, podemos llegar a un valor de 0,04 para el cobre al berilio, no debiéndose pasar de 0,02 para el bronce fosforoso.

Y puesto que dicha relación está ligada al espesor e del material empleado, por la fórmula:

$$\frac{F\,f}{P\,D} = K\left(\frac{1.000\,e}{D}\right)^{\eta}$$

en donde $F = \dfrac{E}{1-\sigma}$; σ = relación de Poisson; E = módulo elás-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

tico, y η un coeficiente experimental que depende de las ondulaciones, podemos escoger un espesor conveniente y un número y profundidad de ondulaciones adecuados (es decir, un valor de η) para obtener las deflexiones que mejor convengan a nuestro caso.

Para $\eta = -1{,}61$ hemos representado la ecuación anterior, figura (9c) en forma logarítmica que nos resuelve el problema en cuestión.

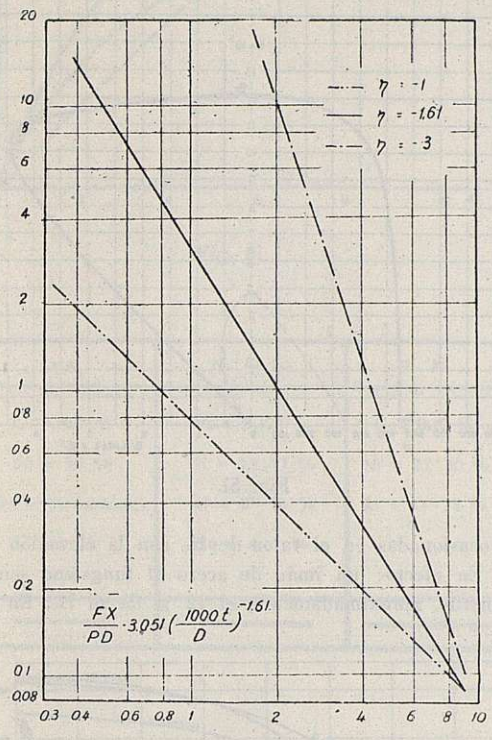


Fig. 9 c.

$$\frac{1.000\ t}{D}$$

F en kg. mm².
P en mm. Hg.

Concluímos, por consiguiente, que representa un gran paso en la perfección de los instrumentos de a bordo de cápsula, el empleo del bronce al glucinio en lugar del bronce fosforoso o de la plata alemana.

Ahora bien, el berilio es el único mineral de glucinio suficientemente abundante para su explotación, encontrándose los yacimientos más importantes en Madagascar, Noruega, Urales y, sobre todo, en Canadá, Estados Unidos, Brasil, Argentina e India. Es decir, aunque no se hayan encontrado yacimientos en España, se podría preparar el bronce al glucinio a partir de una aleación madre como hacen en Inglaterra utilizando la americana, o en Suiza, utilizando la francesa.

IMANES

Tanto en los instrumentos de medida, como en los de indicación a distancia instalados a bordo de los aviones, es de capital importancia emplear imanes que conserven, aun en presencia de las más desfavorables condiciones de vuelo, cierta inducción remanente y valor elevado de la fuerza coercitiva.

Además, teniendo en cuenta que el máximum de energía utilizable de un imán permanente es proporcional al área limitada por la curva de desmagnetización y los ejes coordenados, tendremos definido el índice de calidad de una determinada aleación para imanes, por el valor que alcanza (B × H) máx., ya que B × H es también proporcional a dicha energía. Añadiremos que los valores correspondientes de B y H son dados por la intersección de la curva de desmagnetización con la diagonal del rectángulo, cuyos lados son B_r y H_c (fig. 1i), es decir, los valores de la inducción remanente y de la fuerza coercitiva.

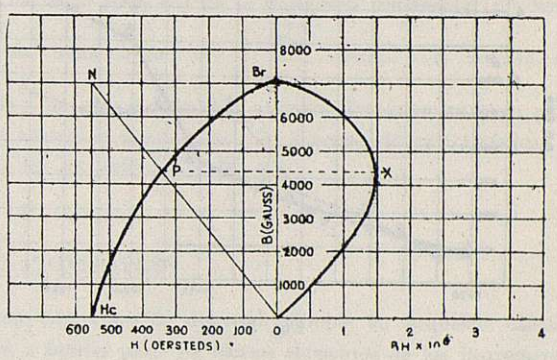


Fig. 1i.

De aquí se deduce la conveniencia de obtener aleaciones que presenten una curva de desmagnetización cuya forma favorezca el que se realice dicha circunstancia. No cabe duda que desde este punto de vista la curva ideal sería la de puntos de la fig. 2i y, en su efecto, la que más se le aproxime; es, por tanto, mejor la (2) que la (1), y en todo caso es más conveniente la que haga más grande el valor definido por

$$\gamma = \frac{(B \times H)\ \text{máx.}}{B_r \times H_c}$$

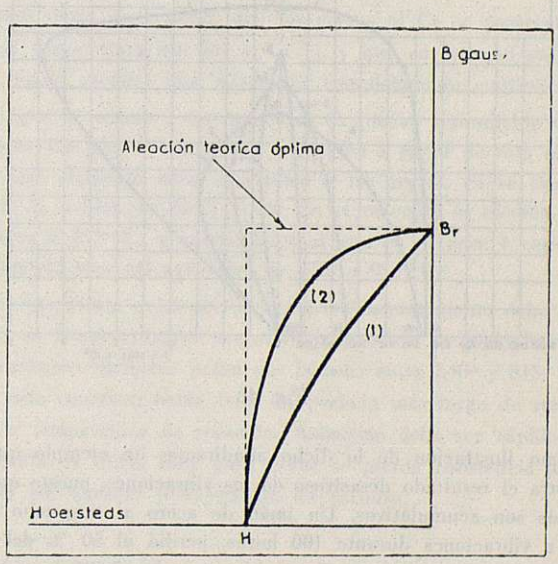


Fig. 2i.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Como demostración de la tendencia seguida por los fabricantes de aleaciones para imanes damos el gráfico de la fig. 3i que manifiesta el empeño puesto en los últimos veinticinco años en aumentar los valores de (B × H) máx. y también de H_c.

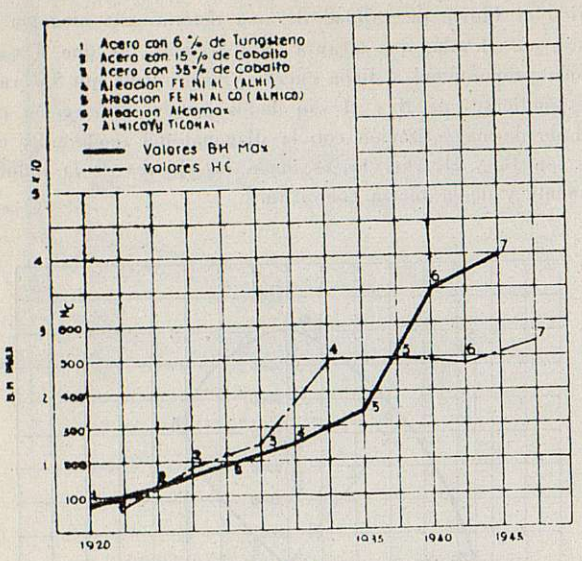


Fig. 3i.

Si examinamos las curvas de desmagnetización y de (B × H) máx. para varias aleaciones (fig. 4i), observaremos que, exceptuando el Alnico V y Ticonal existe tendencia a incrementar los valores de H_c a expensas de los de B_r, lo cual no debe preocuparnos mucho, puesto que los valores conseguidos para B_r son suficientes y, en cambio, un valor grande de H_c representa gran estabilidad de características para los imanes sometidos a continuas vibraciones, como sucede en los instalados a bordo de aviones.

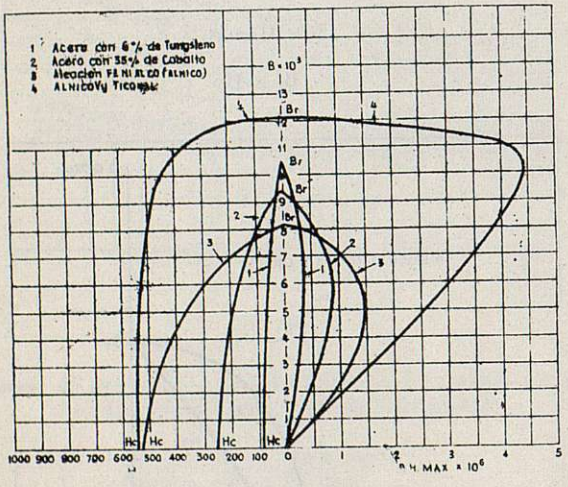


Fig. 4i.

Como ilustración de lo dicho añadiremos un ejemplo que demuestra el resultado desastroso de las vibraciones, puesto que sus efectos son acumulativos. Un imán de acero al tungsteno sometido a vibraciones durante 100 horas, perdió el 50 % del valor de H_c que tenía antes de la prueba, y a las 1.200 horas había perdido el 80 %. En cambio, otro imán de acero Alnico sometido a la misma intensidad de vibración perdió solamente el 2 % en las 100 primeras horas, y el 5 % en 1.200 horas. Destacamos, por tanto, el valor de más de 500 oersteds para H_c del Alnico frente al de 80 para el H_c del acero al tungsteno.

No menos importantes conclusiones se deducen al comparar las

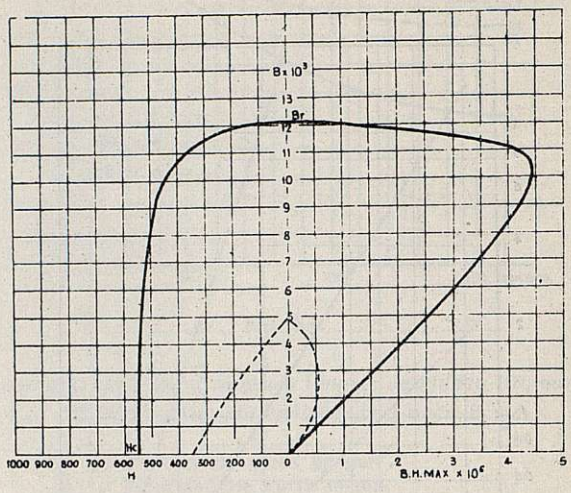


Fig. 5i.

pérdidas ocasionadas en el valor de H_c con la elevación de temperatura. En efecto; un imán de acero al tungsteno sometido a 100° C. pierde, aproximadamente, el 12 % de su H_c. En cambio,

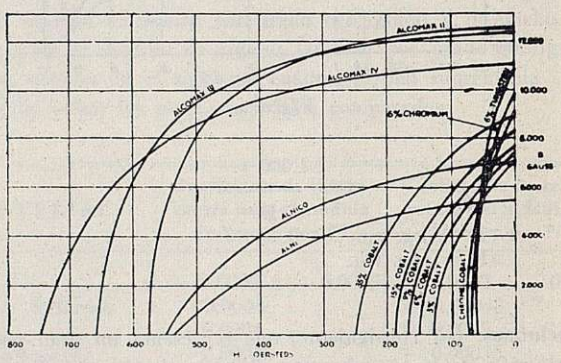


Fig. 6i.

uno de Alnico pierde solamente el 0,5 %, debiéndose tener muy en cuenta que dichas pérdidas no son recuperadas cuando la temperatura vuelva a ser la normal.

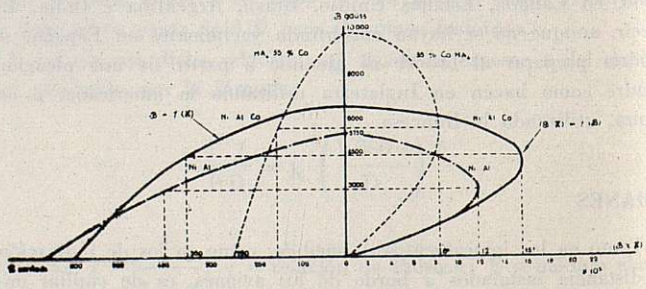


Fig. 7i.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

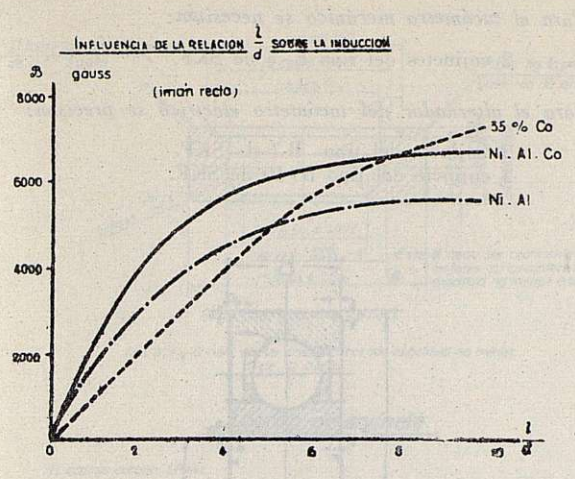


Fig. 8i.

HA_4	Ni Al Co	Ni Al
C = 0,7 %	C < 0,10 %	C < 0,10 %
Co = 35 %	Ni = 23 27 %	Ni = 27 30 %
+ elementos especiales	Al = 8 10 %	Al = 11 - 13 %
	Co = 4 - 7 %	
———	———	———

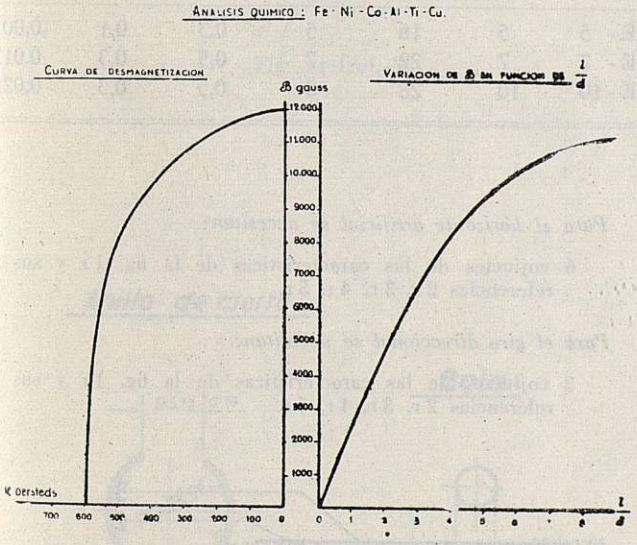


Fig. 9i.

Existen otras aleaciones conocidas por los nombres de Ticonal, Alnico V y Alcomax II, III, IV (figs. 4i, 6i), que presentan valores muy superiores para B_r y H_c a las anteriormente citadas, y también a las de 35 % de cobalto, si bien tienen como principal característica el poseer propiedades anisótropas, es decir, que existe un eje de dirección preferente para las propiedades magnéticas. En la figura 5i tenemos dos curvas; la exterior nos da las propiedades de una probeta en la dirección del eje, y la interior los valores de las mismas magnitudes, según un eje a 90° del anterior, circunstancia muy digna de tenerse en cuenta en el diseño del imán. Añadiremos que dicha mejora ha sido obtenida mediante adecuado tratamiento térmico que ha dado por resultado el orientar los ejes de los cristales de la aleación en cuestión en dicha dirección preferente, y se ha mantenido la orientación aun cuando posteriormente se haya enfriado el material. Como complemento de este resumen damos las curvas de desmagnetización de las aleaciones más usadas hoy en el extranjero y la influencia de la relación l/d en la inducción remanente (l = longitud de un imán recto; $d = \sqrt{\frac{4s}{\pi}}$; siendo s la sección del imán) (1) y de cuya producción nacional dependen en gran parte el poder conseguir instrumentos de a bordo de características similares a los extranjeros (7i, 8i, 9i).

ACEROS INOXIDABLES

También esta clase de material, aunque en pequeñas cantidades, entra a formar parte de ciertos elementos de los instrumentos que nos ocupan, pues en forma de ejes, pivotes, bolas, etc., deben de cumplir su misión en el mecanismo, sin que la acción de la humedad ambiente o el ataque de ciertos ácidos disminuya la seguridad de su funcionamiento.

Es sabido que los aceros al Cr y al Cr-Ni constituyen dos grandes grupos de inoxidables, pero para que conserven este carácter es preciso darles un tratamiento térmico que nos asegure la existencia de un solo constituyente de estructura, ya que, en caso contrario, la aparición de las zonas catódicas destruiría tan preciada propiedad. Se comprende, por tanto, la importancia que tiene el recocido en esta clase de aceros por su característica de endurecerse rápidamente al trabajarse.

Podemos decir, en general, que los aceros al Cr se recuecen a más baja temperatura que los al Cr-Ni, y que en éstos el enfriamiento rápido asegura una estructura completamente austenítica.

En lo que se refiere a los aceros al Cr, no es aconsejable tengan proporción menor del 12 %, ya que es a partir de esta cifra cuando este elemento hace inoxidable a los aceros. Si se tienen del 14-17 % o bien de 23-28 % de Cr, el recocido se efectúa calentándolos a 760° C., y enfriándolos al aire en el primer caso, y en el segundo caso calentándolos de 870° a 930° C.

Por lo que afecta a los aceros Cr-Ni, su calentamiento debe ser rápido a su temperatura de recocido, para evitar la precipitación de los carburos, mientras pasan por la zona entre 540° y 815° C., pues si esto ocurriese haría falta un período más largo de retención a la temperatura de recocido. Asimismo debe ser rápido el enfriamiento en dicha zona para evitar se pierda resistencia a la corrosión por suceder precipitación de carburo.

(1) Así como de su composición química.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

De estos aceros, los más conocidos son los de 18 % de cromo y de 8 % de níquel, siendo necesario, si queremos obtener alta resistencia a la corrosión, hacer el trabajo en frío en un alto grado y luego recocerla rápidamente a 980º C., y a continuación enfriarla rápidamente, ya sea apagándolo en agua, si se trata de secciones grandes, o al aire, si son pequeñas.

Otros tipos de acero Cr-Ni exigen una temperatura de 1.100º C. de recocido y tienen 22-25 % de Cr y 12-14 % de Ni, pero tanto en éstos como en los anteriores se requiere que la atmósfera del horno se mantenga neutra, para evitar la formación de incrustaciones, teniéndose que recurrir al lavado químico en el caso de que se formen.

Los aceros que estamos tratando pueden lavarse en una solución de 25-50 % de ácido muriático a unos 50º C., o bien, en su defecto, puede usarse una solución 8-10 % de ácido sulfúrico a 50-70º C. En todo caso, después del baño químico el acero debe restregarse para quitarle las partículas de incrustaciones y lavarlo en agua a continuación y secarlo por último.

RODAMIENTOS

Dada la preponderancia que han adquirido en la actualidad los instrumentos giroscópicos, tanto neumáticos como eléctricos, y toda una serie de elementos que forman parte del equipo de un avión, cuyo funcionamiento adecuado está pendiente de los rodamientos a bolas que contienen sus mecanismos, se hace indispensable realzar la importancia de los aceros que sirven para su construcción, ya que la imperfección en la calidad de los mismos determina el no haber conseguido con éxito la fabricación de tan importantes elementos para la aviación.

El material que se utilice para rodamientos debe tener elevado límite elástico para que no experimente deformación permanente bajo la acción de la carga y también elevada resistencia a la fatiga para que los esfuerzos alternados no le ocasionen trastorno alguno.

Pero, sobre todo, han de tener gran resistencia al desgaste no solamente por rodamiento, sino también por frotamiento, como asimismo no ser atacados por la humedad atmosférica y por las impurezas de los lubrificantes.

No vamos a entrar en la explicación de la composición química y de los tratamientos térmicos que se requieren para la obtención de estos aceros, puesto que estando creada la Fábrica Nacional de Rodamientos, que cuenta con ingenieros conocedores de la materia, es problema éste de la competencia de dicho organismo, limitándonos nosotros a decir que bastaría para resolver las necesidades planteadas en nuestro aspecto, el obtener las calidades de los rodamientos SKF o AISI, y que en la actualidad en algunos de los tipos se ha conseguido ya por la industria nacional una calidad de rodamientos muy aceptables, susceptible, sin duda, de ser mejorada.

Las dimensiones o denominaciones de rodamientos que nos interesan en la fabricación de los elementos que en la actualidad están en marcha son los dados a continuación.

Para el tacómetro mecánico se necesitan:

2 cojinetes del tipo E-5 de SKF.

Para el alternador del tacómetro eléctrico se precisan:

1 cojinete del tipo B-7 de SKF.
1 cojinete del tipo B-10 de SKF.

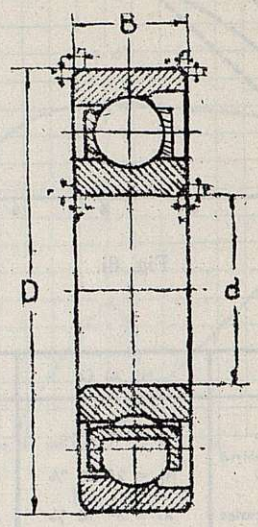


TABLA. DE DIMEMSIONES

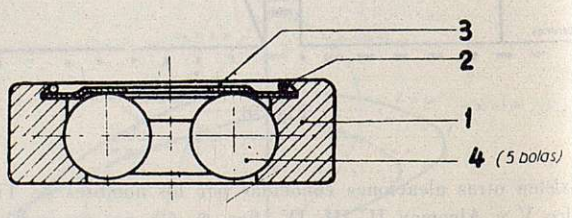
Núm.	d	D	B	r	r_1	Peso en Kg.
	Milímetros					
E-5	5	16	5	0,3	0,1	0,005
E-7	7	22	7	0,5	0,3	0,013
E-10	10	28	8	0,5	0,3	0,022

Para el horizonte artificial se necesitan:

6 cojinetes de las características de la fig. 1 r y sus referencias 2 r, 3 r, 4 r, 5 r.

Para el giro direccional se necesitan:

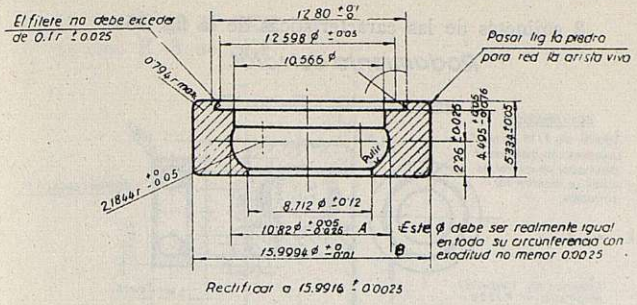
3 cojinetes de las características de la fig. 1 r y sus referencias 2 r, 3 r, 4 r, 5 r.



Cojinete

Fig. 1 r.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO



Asiento de cojinete.

Ac cromo carbon SP 141

Fig. 2 r (ref. 1).

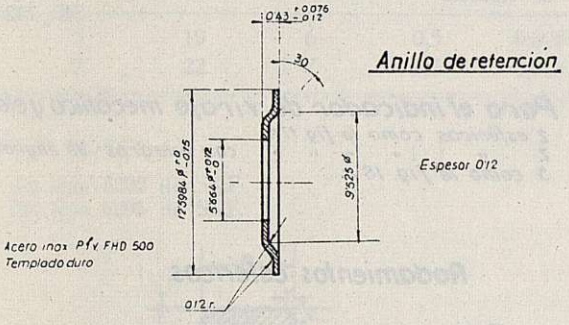
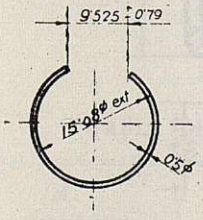


Fig. 3 r (ref. 3).

Anillo de cierre



El anillo ha de estar plano.

Fig. 4 r (ref. 2).

Bola

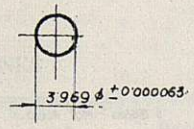
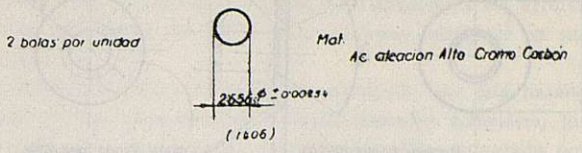


Fig. 5 r (ref. 4).

Para el giro direccional se necesitan:

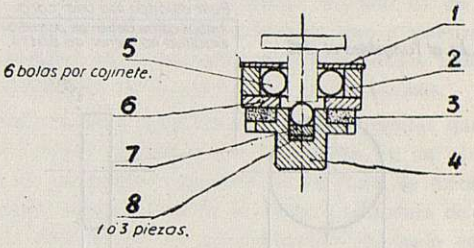
2 de las características de la fig. 6 r.
1 cojinete de las características de la fig. 7 r y sus referencias 8 r, 9 r, 10 r, 11 r, 13 r, 14 r, 15 r.



Total de esfericidad 0.000063
Dureza Escleroscopia 91 a 96

Bola. Pivote.
Para Cuna y Porta Cuna.

Fig. 6 r.

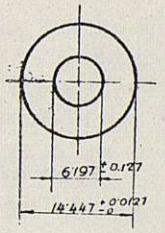


7 bolas.
1 para instrumento

Cojinete inferior (montado.)

Fig. 7 r.

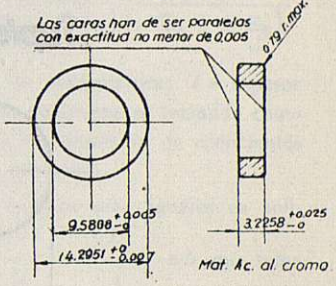
Arandela.



Quitar la rebaba. Mat. Latón.

Fig. 8 r (ref. 1).

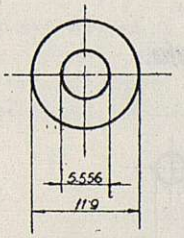
Cojinete.



La excentricidad entre los diámetros no será mayor de 0.012

Fig. 9 r (ref. 2).

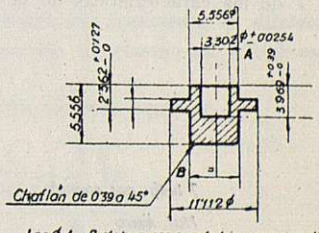
Almohadilla



Mat. Fieltro blanco SPEC. 1177

Fig. 10 r (ref. 3).

Soporte



Los ø A y B deben ser concéntricos con exactitud no menor de 0.0254.
Mat. Ac. Inox "STAYBRITE EST"

Fig. 11 r (ref. 4).

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

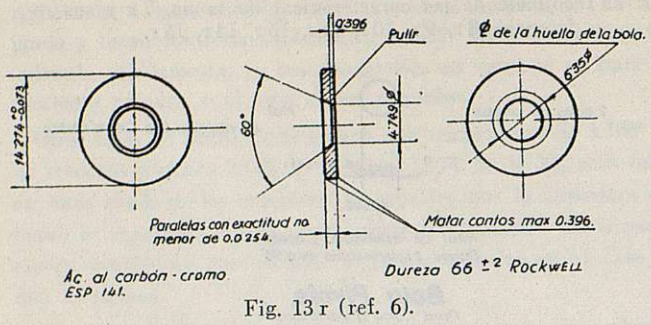


Fig. 13 r (ref. 6).

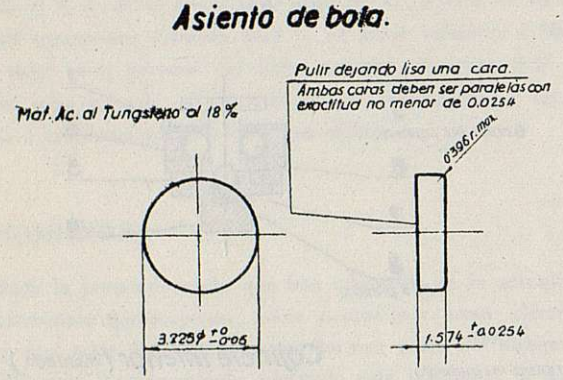


Fig. 14 r (ref. 7).

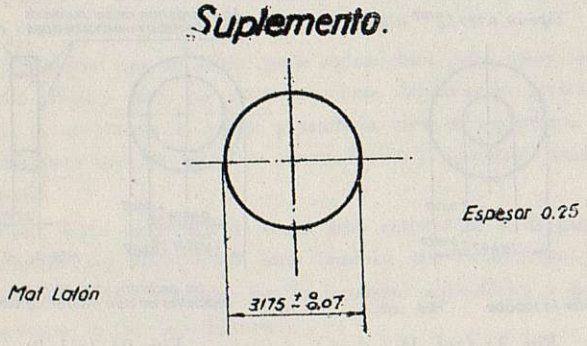


Fig. 15 r (ref. 8).

Para el giro-direccional se necesitan:

7 de las características de la fig. 12 r.

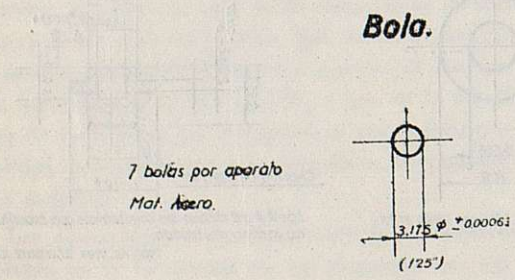


Fig. 12 r (ref. 5).

Para el giro-direccional se necesitan:

2 cojinetes de las características de la fig. 16 r.

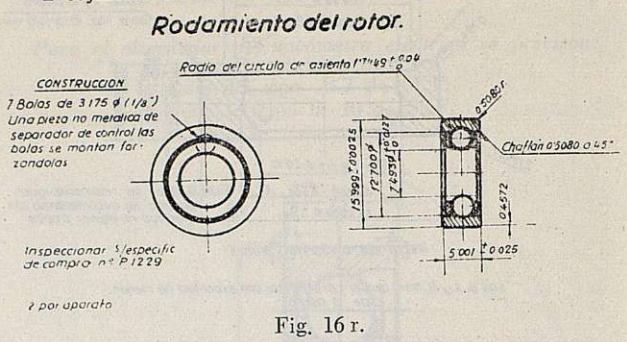


Fig. 16 r.

Las caras laterales serán rectificadas paralelas con exactitud no menor de 0,005.

La excentricidad de caja no será, como máximo, 0,005.

El asiento de bolas no podrá tener más de 0,0025 máxima de fuera de redondez.

El asiento de bolas será rectificado, quedando liso y sin rayas del compuesto del rectif. que sean visibles al microscopio con 30 aumentos.

El asiento de bolas no deberá mostrar vibración, abolladuras, ni estar 3 puntos fuera de redondez.

Las bolas habrán de ser iguales, con exactitud no menor de 0,00005.

SK. 7424-5

Para el indicador de viraje mecánico y eléctrico

2 esféricos como la fig. 17 r.
2 " " " " " con taladros de engrase
5 como la fig. 18 r

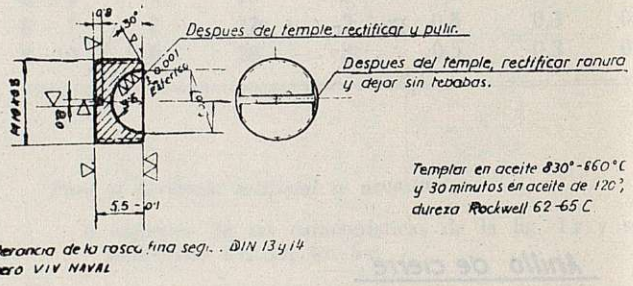


Fig. 17 r.

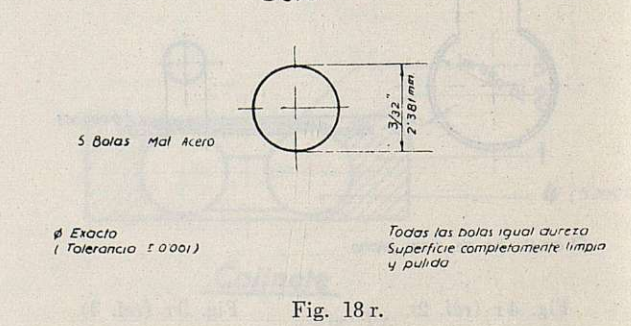


Fig. 18 r.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Para el manipular de rumbo:

1 del tipo R-7 de SKF.
2 del tipo R-5 de SKF.

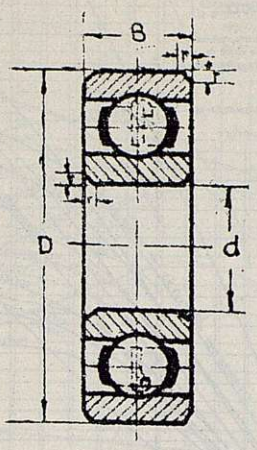


TABLA DE DIMENSIONES

Núm.	d	D	B	r	Peso en Kg.
	Milímetros				
R 5	5	19	6	0,5	0,009
R 7	7	22	7	0,5	0,014

Bomba de vacío:

1 del tipo 6202 de SKF.
1 del tipo 6205 de SKF.

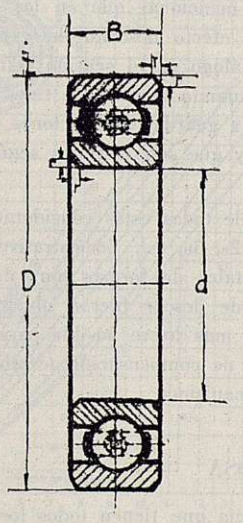


TABLA DE DIMENSIONES

Núm.	d	D	B	r	Peso en Kg.
	Milímetros				
2	15	35	11	1	0,042
5	25	52	15	1,5	0,122

BIMETALES

Debido a la precisión con que han de funcionar los instrumentos instalados en los aviones entre límites amplios de temperatura a uno y otro lado del cero, se necesita que sus mecanismos constitutivos estén provistos de medios que compensen los errores que dichas oscilaciones de temperatura pudieran ocasionar en sus indicaciones.

El procedimiento más universalmente empleado hoy está basado en el uso de los termometales, también llamados bimetales, los cuales no son otra cosa que un compuesto metálico integrado por dos o más capas de metales de diferente coeficiente de dilatación térmica. Con esto se consigue un cambio de la curvatura primitiva del elemento bimetálico, cuando tiene lugar un cambio de temperatura, es decir, conseguimos, si fijamos un extremo de aquél, el movimiento del extremo opuesto, que nos dará una deflexión aprovechable para los fines de corrección que deseamos obtener.

Es grande el camino que la industria nacional ha de avanzar todavía en la producción de los bimetales, que a nuestras necesidades se refieren, para conseguir unas propiedades físicas adecuadas y uniformidad en la producción de las mismas.

En relación con estas propiedades hacemos resaltar que la deflexión y el esfuerzo producido por un bimetal en un cambio de temperatura no solamente dependen de la clase de metales que componen aquél, sino también de la unión o soldadura de los mismos y de la uniformidad de procedimiento empleado en conseguirla.

Para todos los cálculos de bimetales en el caso más general de que los componentes tengan módulos de elasticidad E_A y E_B diferentes nos basta la fórmula

$$\frac{1}{R} = \frac{6\,f\,T}{t} \times \frac{a\,b\,E_A\,E_B}{3\,a\,b\,E_A\,E_B + \left(a\,E_A + b\,E_B\right)\left(a^3\,E_A + b^3\,E_B\right)}$$

en donde $T = T_2 - T_1$ = variación de temperatura; t = espesor total; a y b espesores relativos de las componentes tomando como unidad el espesor total; $f = f_B - f_A$ = diferencia de coeficientes de dilatación térmica. R = radio de curvatura.

Pero en el caso en que dichos módulos sean iguales es suficiente usar la fórmula más sencilla $\frac{1}{R} = \frac{6\,f\,T}{t}\,a\,b$, que toma su valor máximo para $a = b = \frac{1}{2}$, en cuyo caso $\frac{1}{R} = \frac{3\,f\,T}{2\,t}$.

En el caso general, y para mayor simplificación, se expresa la curvatura por $\frac{1}{R} = 2\,K\,\frac{T}{t}$, en donde K es una constante del bimetal que depende de la diferencia de coeficiente de dilatación térmica, del valor medio del módulo de elasticidad y del espesor de los componentes.

Deducido de la anterior ecuación podemos expresar

$$2\,K = \frac{\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right) t}{T_2 - T_1}$$

lo que nos vale para definir a 2 K como el cambio experimentado por la curvatura por unidad de espesor y por grado de tempera-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

tura, y que coincide con la denominación de flexibilidad $E = 2K$ adoptada por algunos autores.

Refiriéndonos a una tira recta bimetálica de longitud L con un extremo fijo y otro libre, la deflexión de éste viene dada por

$$d = \frac{L^2}{2R} = \frac{K T L^2}{t}$$

que es la forma utilizada para estimar el comportamiento de las tiras rectas, en las que el cambio de inclinación viene dado en radiaciones por $\delta = \frac{2 K T}{t} L$.

Ahora bien, cuando una pieza bimetálica es sometida a cambio de temperatura se necesita emplear una fuerza para evitar su cambio de forma; dicha fuerza se obtiene combinando la fórmula de la deflexión con la temperatura y la fórmula de la deflexión de una viga cargada, resultando para el valor de la fuerza ejercida en el extremo libre:

$$p = \frac{K E}{4} \times \frac{T w t^2}{L}$$

en donde w es la anchura uniforme de la tira. Y si se trata de una espiral tenemos para valor del momento ejercido

$$M = \frac{K E}{6} T w t^2$$

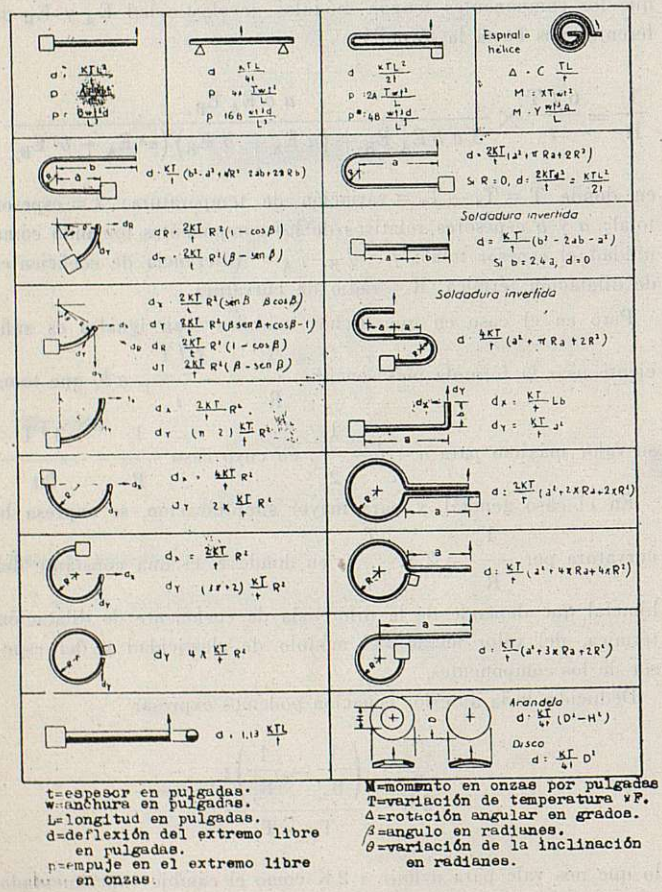


Fig. 1 b.

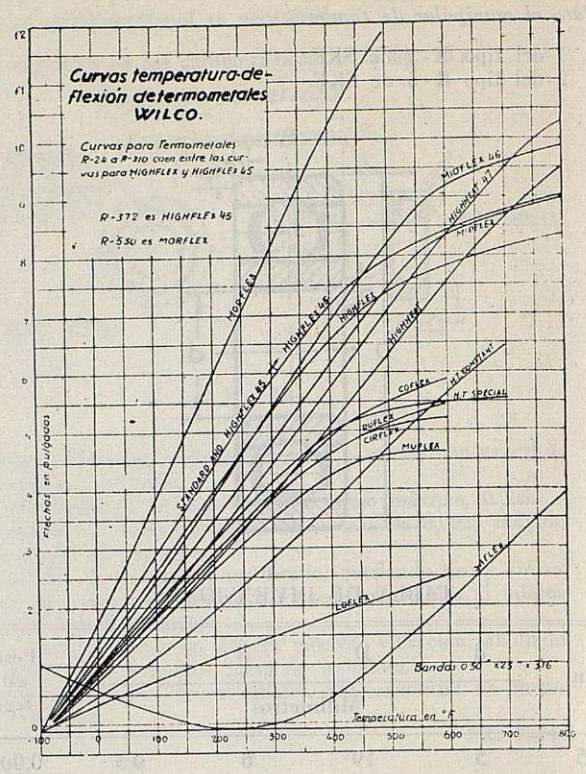


Fig. 2 b.

No dejaremos de mencionar que en los bimetales tiene lugar también, aparte del efecto descrito de expansión o contracción longitudinal, otro análogo en el sentido transversal y cuyos efectos son apreciables cuando se trata de tiras cortas y anchas. Esta consideración obliga a guardar precauciones especiales en el cálculo de los bimetales y que son distintas según las formas que éstos adopten.

Como ilustración de todas estas consideraciones damos los gráficos siguientes (1b, 2b, 3b, 4b), demostrativos del comportamiento de diversos bimetales de formas muy diferentes, y cuyas características serían de desear fueran obtenidas por la industria nacional en el plazo más breve posible para dar solución autónoma a los problemas de compensación térmica, de los que dependen multitud de mecanismos.

PINTURA LUMINOSA

Dada la importancia que tienen todos los datos que proporcionan los instrumentos de a bordo, es indudable que la lectura de éstos debe ser cómoda e inconfundible en cualquier momento que sea necesario hacerla.

Por esta razón se ha adoptado universalmente el sistema de marcar con pintura luminosa las divisiones, números y referencias más importantes de la esfera, así como una porción de las agujas indicadoras, con el fin de hacerlas más visibles.

La pintura luminosa se compone de una sustancia que suele ser el sulfuro de cinc mezclada con una sal de radium, cuyos

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

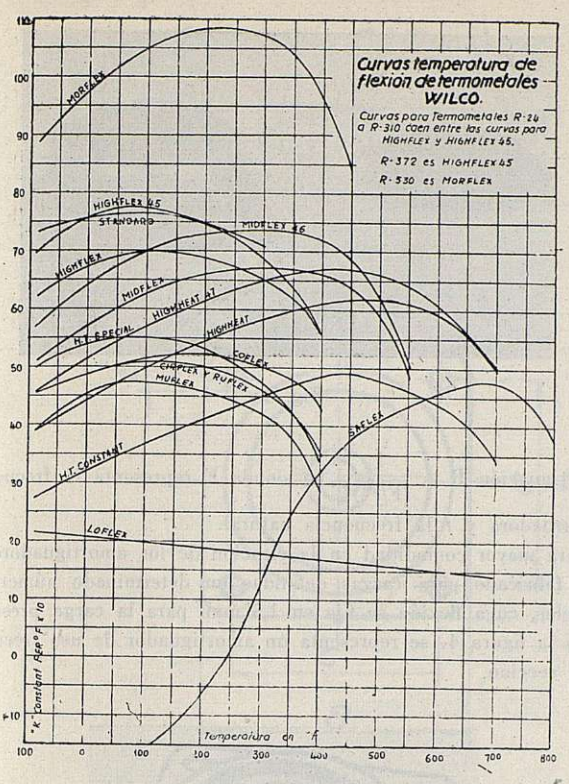


Fig. 3 b.

TAMAÑO MÍNIMO DE ESPIRAL PARA HIGHFLEX 45

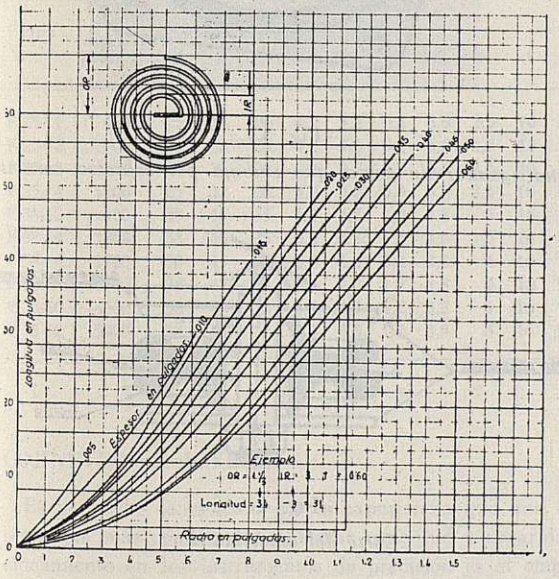


Fig. 4 b.

rayos alfa producen el efecto luminoso sobre las partículas del sulfuro.

Con ayuda de un electroscopio de panes de oro, puede medirse la capacidad radioactiva de las composiciones luminosas, si disponemos además de una cámara de ionización. Para ello se coloca en esta cámara una cantidad conocida de radium (metido en una caja de plomo).

Los panes de oro se desviarán tan pronto carguemos el electroscopio con una batería y comenzará la ionización, con los que dichos panes volverán paulatinamente a la posición vertical. Si durante este movimiento medimos con un cronómetro el tiempo empleado en recorrer una parte de la escala y substituímos luego el patrón de radium por la muestra a comprobar midiendo el tiempo nuevamente, la capacidad radioactiva que queremos medir será inversamente proporcional a este tiempo, lo que nos dará el conocimiento del número de miligramos de radium que contiene.

En cuanto a la intensidad luminosa de la pintura, puede medirse por medio de fotómetros adecuados a este fin.

Pero dado el precio prohibitivo que ha alcanzado el radium en estos últimos tiempos, se emplea hoy con mucho éxito también la llamada iluminación fluorescente, basada en la propiedad que poseen ciertas substancias, tales como las fluoritas (de donde ha tomado su nombre), el sulfuro de cinc, el platicianuro de bario, soluciones de sulfatos de quinina, cosita, fluorescina, etc., de emitir luz visible al ser irradiadas con rayos ultravioletas.

Este sistema posee todas las ventajas del anterior y, además, la de poderse graduar la intensidad de iluminación, lo cual evita la fatiga de la retina del piloto, en viajes largos.

La única dificultad estriba en la fabricación de la lámpara que deja pasar los rayos ultravioleta, pues requiere la construcción de un cristal que ha de llevar en su masa sales de oro, de plata y de selenio, con el fin de conseguir la tonalidad conveniente.

Diremos, por último, que la exigua cantidad de pintura luminosa que exigen los instrumentos (unos 20-30 gramos por cada 100) aconsejan el pensar si es más conveniente el fabricarla o importarla.

AMORTIGUACIÓN DE VIBRACIONES DEL TABLERO DE INSTRUMENTOS

El funcionamiento de los motores de un avión transmite al tablero de instrumentos vibraciones cuya frecuencia es una cierta función de la velocidad de aquéllos y trae como consecuencia un acortamiento de la vida normal de los instrumentos, además de la posibilidad de proporcionar indicaciones erróneas al estar sometidos a condiciones desfavorables para su buena marcha.

Y no siendo aconsejable quitar sensibilidad y ligereza a estos instrumentos de funcionamiento tan preciso, empleando construcciones más resistentes, hay que evitar el efecto pernicioso de las vibraciones, amortiguando éstas hasta un límite cuyas consecuencias sean despreciables.

Después de continuos ensayos que han tenido una duración de varios años, se ha demostrado que las vibraciones de amplitud inferior a 0,1 mm. no causan daño apreciable a los instrumentos, los cuales pueden en estas condiciones permanecer instalados en el avión hasta que éste precise de su revisión general.

Sin embargo, en la mayoría de los tableros de aviones existen vibraciones cuya amplitud es cinco veces mayor que la anteriormente considerada, lo cual trae como consecuencia un gravamen de más del 50 % en el coste de entretenimiento y reparación de los instrumentos.

Los amortiguadores que mejores resultados han dado hasta hoy son los de materiales plásticos, los cuales presentan su mayor eficiencia cuando están cargados de manera que trabajen a esfuerzo constante. Esto es lo que ocurre en particular a la goma, que es el material que más se utiliza actualmente, puesto que aventaja

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

con mucho a los muelles de acero, que son muy afectados por las condiciones atmosféricas, y también a la esponja de goma, que cambia de características debido a su envejecimiento prematuro en las condiciones de vuelo.

Otra condición que se debe tener muy presente es que el material elástico sea concentrado en unidades de tamaño conveniente, con el objeto de evitar las condiciones de resonancia, pues de esta manera queda fijada la frecuencia natural del amortiguador y conocidas la carga unitaria y la deformación unidad.

Es objeto de atención especial también, el que el material sea compacto, que ocupe poco espacio y que la fijación se realice adecuadamente, es decir, sin perjudicar sus propiedades elásticas.

En cuanto al tablero, debe ser lo más duro y rígido posible, reforzándolos posteriormente con barras de sección en U, L o Z, para evitar flexiones o torsiones del mismo. (Figs. 1_V, 2_V).

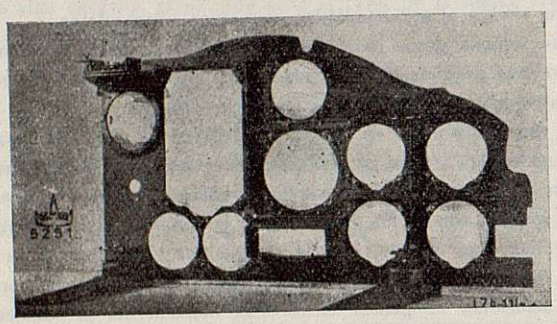


Fig. 1 v.

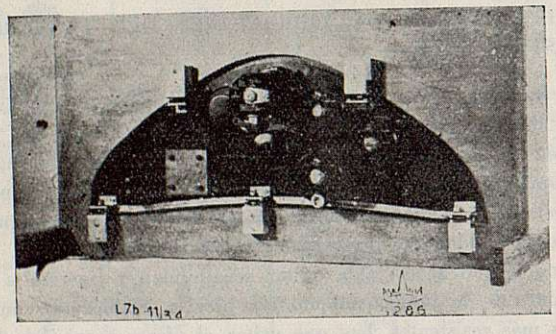


Fig. 2 v.

Los instrumentos deben estar unidos a las tuberías por acoplamientos flexibles, ya sean metálicos o de goma. Su distribución en cuanto al peso de los mismos debe ser homogénea sobre el tablero.

Los amortiguadores (fig. 3_V) estarán situados todos ellos en un plano paralelo al tablero, es decir, el centro de gravedad de los amortiguadores y el del tablero deben encontrarse en una misma normal en ambos planos, pues esto implica una rápida amortiguación de las vibraciones.

En cuanto a la frecuencia natural de vibración, no debe pasar de 650 ciclos por minuto, lo que se puede lograr teniendo en cuenta la relación $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{d}}$ que liga la frecuencia natural f (ciclos por segundo) con la deflexión d (mm. por unidad de carga) y el valor de la gravedad g (mm/seg. 2). Y siendo el factor de

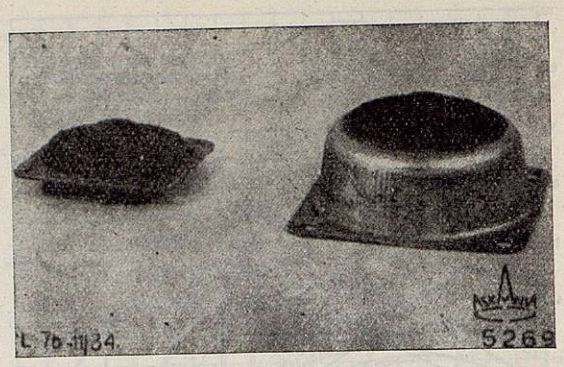


Fig. 3 v.

amortiguación $R = \frac{1}{(F/f^2)1}$, en donde F representa la frecuencia perturbadora y f la frecuencia natural.

Para mayor comodidad en la elección de los amortiguadores se han fabricado para cargas definidas un determinado número de modelos, cuya flexión se fija en 1,5 mm. para la carga prescrita.

En la figura 4_V se representa un amortiguador de uso frecuente y su sección.

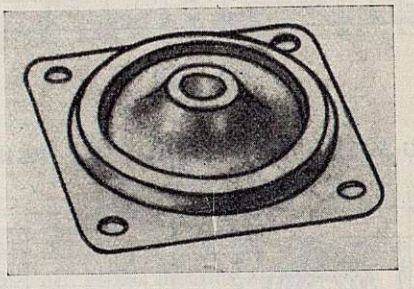


Fig. 4 v.

Amortiguador de goma, que trabaja por esfuerzo cortante.

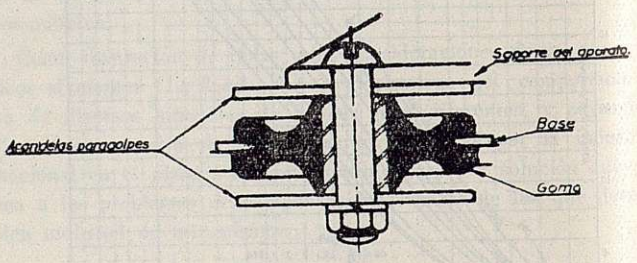


Fig. 4 v.

Corte del amortiguador.

En las figuras y cuadros siguientes se dan las dimensiones y cargas utilizados por la Casa ASKANIA. (Figs. y cuadros 5_V, 6_V, 7_V.)

En la figura y cuadros siguientes se dan las dimensiones normalizadas de los amortiguadores Lord americanos. (Fig. y cuadros 8_V.)

El tablero puede colocarse en las dos posiciones expresadas en la figura 12_V, es decir, con carga de arriba, o con carga suspendida.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

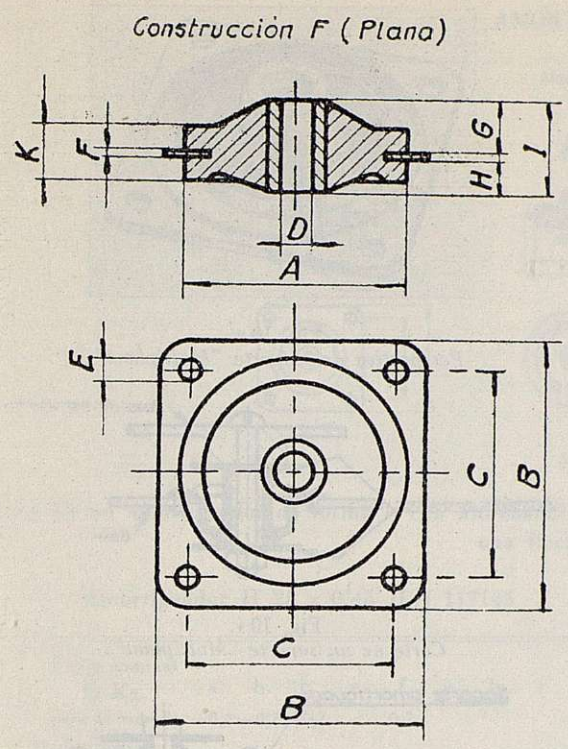


Fig. 5 v.

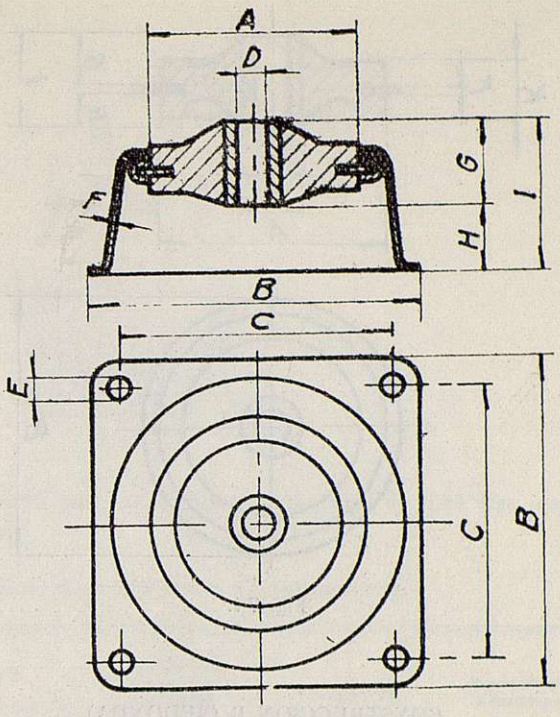


Fig. 6 v.

Tipo	Flexión de 1,5 carga en gramos.	Dimensiones										Peso en gramos por pieza.
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	
F 25- 1	450	25	32	26	4,2	3,2	0,8	6,6	2,6	10	5,5	3
F 25- 2	900	25	32	26	4,2	3,2	0,8	6,6	2,6	10	5,5	3,5
F 25- 3	1350	25	32	26	4,2	3,2	0,8	6,6	2,6	10	5,5	4
F 25- 4	1800	25	32	26	4,2	3,2	0,8	6,6	2,6	10	5,5	4,5
F 38- 2	900	38	45	35	6,3	4,3	1,2	8,8	6	16	9,4	12
F 38- 4	1800	38	45	35	6,3	4,3	1,2	8,8	6	16	9,4	13
F 38- 6	2700	38	45	35	6,3	4,3	1,2	8,8	6	16	9,4	14
F 38- 8	3600	38	45	35	6,3	4,3	1,2	8,8	6	16	9,4	15
F 38-10	4500	38	45	35	6,3	4,3	1.2	8,8	6	16	9,4	16
F 38-12	5400	38	45	35	6,3	4,3	1.2	8,8	6	16	9,4	17

CONSTRUCCION H (ALTA)

Tipo	Flexión de 1,5 mm. Bajo carga en grs.	Dimensiones									Peso en gramos por pieza.
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
H 25- 1	450	25	43	35	4,2	3,2	0,8	10,2	7.8	18	18
H 25- 2	900	25	43	35	4,2	3,2	0,8	10,2	7,8	18	18,5
H 25- 3	1350	25	43	35	4,2	3,2	0,8	10,2	7.8	18	19
H 25- 4	1800	25	43	35	4,2	3,2	0,8	10,2	7,8	18	19,5
H 38- 2	900	38	60	50	6,3	4,3	1,2	15,8	11,2	27	50
H 38- 4	1800	38	60	50	6,3	4,3	1,2	15,8	11,2	27	51
H 38 6	2700	38	60	50	6,3	4,3	1,2	15,8	11,2	27	52
H 38- 8	3600	38	60	50	6,3	4,3	1,2	15,8	11,2	27	53
H 38 10	4500	38	60	50	6,3	4,3	1,2	15,8	11,2	27	54
H 38 12	5400	38	60	50	6,3	4,3	1,2	15,8	11,2	27	55

COJINETES DE JOYERÍA

Es un hecho sancionado por la experiencia que uno de los factores que más contribuyen a lograr exactitud y seguridad de funcionamiento en los instrumentos de precisión es el empleo de las piedras preciosas utilizadas como centros de giro de ejes, cuyo movimiento es responsable de la mayor o menor sensibilidad de un mecanismo.

Y presentando las piedras naturales el inconveniente de su carestía, y de una falta de homogeneidad dependiente de las impurezas que contienen, se ha impuesto en la técnica industrial la utilización de las piedras sintéticas que igualan y aún mejoran las características técnicas de las naturales.

De todas ellas, las más interesantes para nuestro objeto son el zafiro y el rubí, que tienen una dureza de 9 en la escala de Mohs, empleándose también en muchos casos el ágata, que si bien su dureza es inferior a las anteriores, ya que sólo es de 7, presenta, en cambio, la ventaja de ser menos frágil que aquéllas.

La obtención sintética de los corindones (zafiros, rubís, etc.) y su tallado correcto constituye hoy una necesidad ineludible en la técnica de precisión.

Y aunque la mecanización de estas piedras sintéticas es ya conseguida en el ámbito nacional con cierto grado de perfección, está aún sin resolver la parte primordial del problema, que es la obtención industrial de las mismas.

El procedimiento más utilizado hasta hoy en el extranjero se basa en su obtención mediante el soplete invertido de Verneuil

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

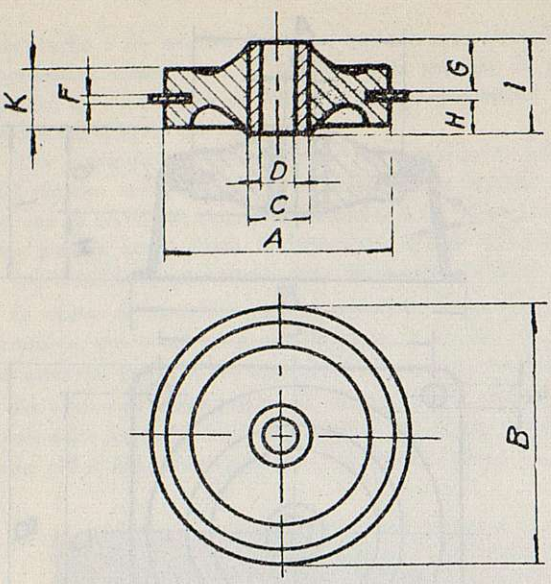
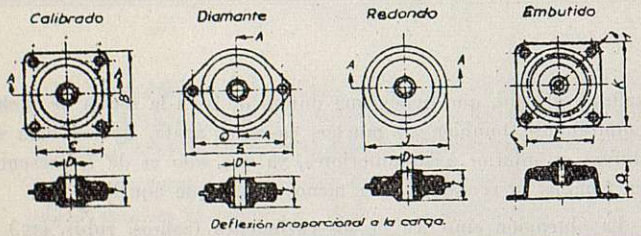


Fig. 7 v.

CONSTRUCCION R (REDONDA)

Tipo	Flexión de 1,5 mm. Bajo carga en grs.	Dimensiones									Peso en gramos por pieza.
		A	B	C	D	F	G	H	I	K	
R 25- 1	450	25	30	6,5	4,2	0,8	6,6	2,6	10	5,5	2,5
R 25- 2	900	25	30	6,5	4,2	0,8	6,6	2,6	10	5,5	3
R 25- 3	1350	25	30	6,5	4,2	0,8	6,6	2,6	10	5,5	3,5
R 25 4	1800	25	30	6,5	4,2	0,8	6,6	2,6	10	5,5	4
R 38- 2	900	38	44	10	6,3	1,2	8,8	6	16	9,4	10
R 38- 4	1800	38	44	10	6,3	1,2	8,8	6	16	9,4	11
R 38- 6	2700	38	44	10	6,3	1,2	8,8	6	16	9,4	12
R 38- 8	3600	38	44	10	6,3	1,2	8,8	6	16	9,4	13
R 38-10	4500	38	44	10	6,3	1,2	8,8	6	16	9,4	14
R 38-12	5400	38	44	10	6,3	1,2	8,8	6	16	9,4	15



Serie	Carga nominal en libras (para 1/16 de deflexión)	Rango de cargas en libras	COTAS									
			B	C	D	I	J	K	L	O	Q	S
100	1.2.3.4	1.2.3.4	1 1/4	1	.166	13/32	1 3/16	1 9/16	1 3/8	23/32	1.414	1.664
160	2.4.6.8 10.12	3.6.9.12 15.18	1 3/4	1 3/8	.257	5/8	1 3/4	2 1/8	1 15/16	1 1/4	1.945	2.320
200	10.15.20 25.35.45	20.30.40 50.70.90	2 1/4	1 3/4	.391	1	2 1/4	3	2 1/2	1 1/2	2.475	2.975
200x	60.75.90	120.120.120	2 1/4	1 3/4	391	1 13/16	2 1/4	3	2 1/2	2 5/16	2.475	2.975

Norma Lord para soportes amortiguadores

Fig. 8 v.

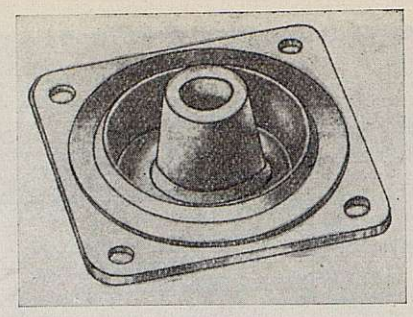


Fig. 10 v.
Perspectiva del soporte "Multiplane".

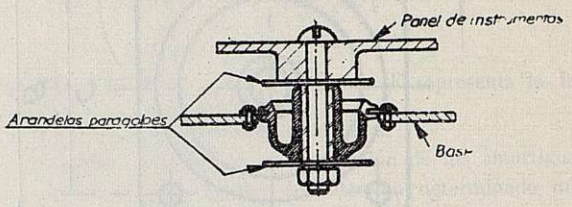


Fig. 10 v.
Corte de un soporte "Multiplane".

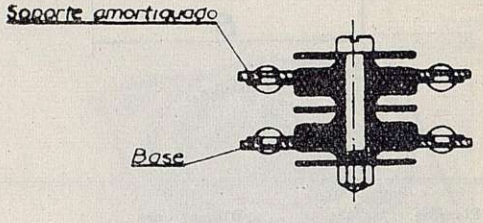
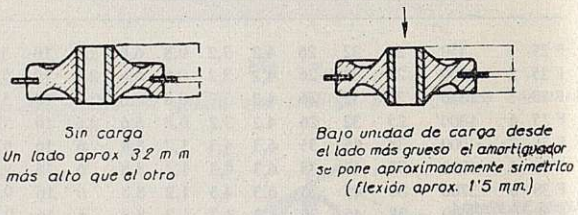


Fig. 11 v.
Colocación de dos soportes en serie.



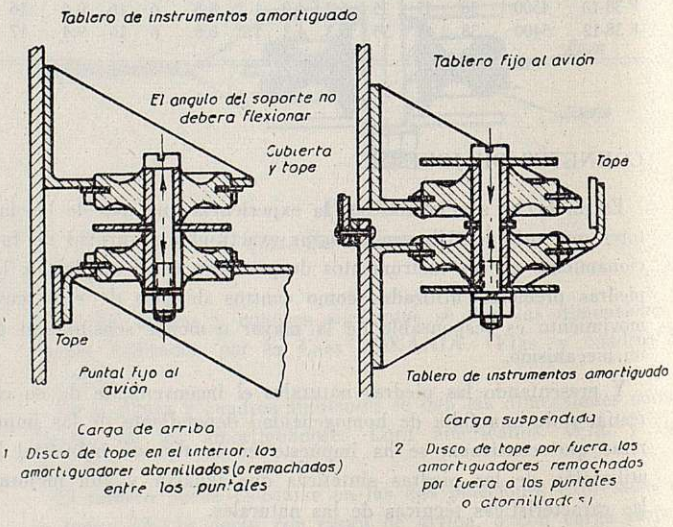


Fig. 12 v.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Medidas en mm

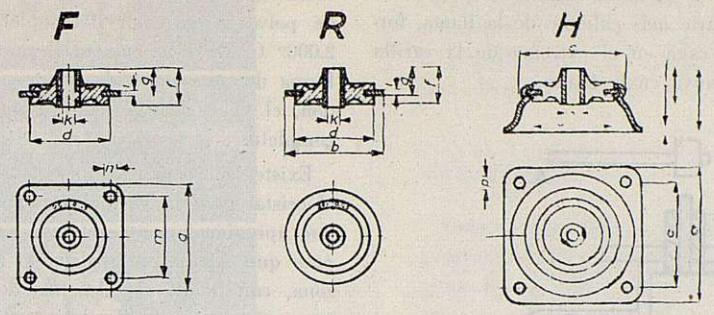


Fig. 9 v.

Designación de un amortiguador de forma H con almohadilla de goma de 25 mm. de diametro para carga de 0,45 Kgs. con una flecha de 15 mm.

Amortiguador H 25 × 0,45 JUN 117145. $f_o = \frac{w}{2\pi}$ para carga nominal = 13 períodos c/sg.

Forma	d	Carga nominal Q Kg. para 15 mm. de flecha	a −0,2	b −0,2	c −0,2	e	f 0,2	g	h	i	k +0,1	l	m +0,2	n +0,1	o +0,2	p +0,1	Peso en Kgs. [1] por 1.000 piezas	Designación	Equivalente a lord tipo
F	25	0,45	32	—	—	—	10	7,4	—	0,8	4,5	—	26	35	—	—	3,60	F 25 × 0,45 JuN 117145	Sq-100- 1
		0,9															3,78	F 25 × 0,9 JuN 117145	Sq-100- 2
		1,35															3,96	F 25 × 1,35 JuN 117145	Sq-100- 3
		1,8															4,14	F 25 × 1,8 JuN 117145	Sq-100- 4
	38	0,9	45	—	—	—	16	10	—	1,2	6,6	—	35	4,5	—	—	11,5	F 38 × 0,9 JuN 117145	Sq-150- 2
		1,8															12,6	F 38 × 1,8 JuN 117145	Sq 150- 4
		* 2,7															13,7	F 38 × 2,7 JuN 117145	Sq-150- 6
		* 3,6															14,8	F 38 × 3,6 JuN 117145	Sq-150- 8
		* 4,5															15,9	F 38 × 4,5 JuN 117145	Sq-150-10
		5,4															17,0	F 38 × 5,4 JuN 117155	Sq-150-12
R	25	0.45	—	30	—	—	10	7,4	—	0,8	4,5	—	—	—	—	—	2,95	R 25 × 0,45 JuN 117145	R-100- 1
		0,9															3,13	R 25 × 0,9 JuN 117145	R-100- 2
		1,35															3,31	R 25 × 1,35 JuN 117145	R-100- 3
		1,8															3,49	R 25 × 1,8 JuN 117145	R-100- 4
	38	0,9	—	44	—	—	16	10	—	1,2	6,6	—	—	—	—	—	10,2	R 38 × 0,9 JuN 117145	R-150- 2
		1,8															11.3	R 38 × 1,8 JuN 117145	R-150- 4
		2,7															12,4	R 38 × 2,7 JuN 117145	R-150- 6
		3,6															13.5	R 38 × 3,6 JuN 117145	R-150- 8
		4,5															14,6	R 38 × 4,5 JuN 117145	R-150-10
		5,4															15,7	R 38 × 5,6 JuN 117145	R 150 12
H	25	0,45	—	—	45	324	10	—	19,5	—	4,5	1,2	—	—	35	4,5	11,06	H 25 × 0,45 JuN 117145	H-100- 1
		0,9															11.24	H 25 × 0,9 JuN 117145	H-100- 2
		1,35															11,42	H 25 × 1,35 JuN 117145	H-100- 3
		1,8															11,60	H 25 × 1,8 JuN 117145	H-100- 4
	38	0,9	—	—	60	47	16	—	31	—	6,6	1,5	—	—	50	4,5	27,0	H 38 × 0,9 JuN 117145	H-150- 2
		1,8															28,1	H 38 × 1,8 JuN 117145	H-150- 4
		2,7															29,2	H 38 × 2.7 JuN 117145	H-150- 6
		3,6															30,3	H 38 × 5,6 JuN 117145	H-150- 8
		4,5															31,4	H 38 × 4,5 JuN 117145	H-150-10
		5,4															32,5	H 38 × 5,4 JuN 117145	H-150-12

MATERIAL: CHAPA 3355,1
AMORTIGUADOR GOMA BLANDA
CASQUILLO 3355,5
PIE 3355,1

Sq = Square.
R = Round.
H = Holder.

*.-Empleadas en el avión español Ju-52-C.A.S.A.

[1]) OBTENIDO POR PESADA

Norma JuN para soportes amortiguadores.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

(fig. 1p), y consiste en la producción de óxido de aluminio en polvo muy fino calcinando alumbre de amonio a 1.000° C., y dejando caer el polvo a través de una llama de soplete de oxiacetileno, oxigas de carbón de hulla o de oxihidrógeno.

Dicho polvo se funde en la parte más caliente de la llama, formándose diminutas gotitas que caen en el extremo de la varilla de arcilla refractaria que se observa en la figura.

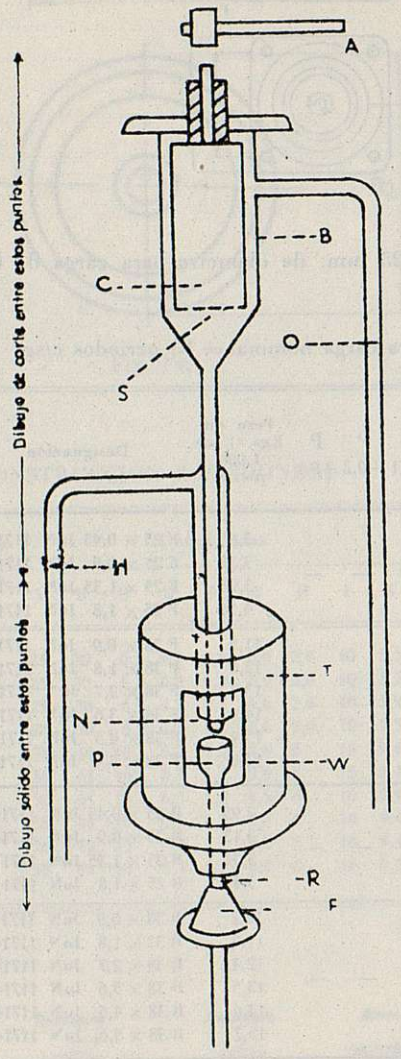


Fig. 1 p.

Soporte invertido de Verneuil.

A = Dispositivo amartillador para golpear la parte superior del recipiente C de alúmina suspendido por un resorte.
B = Exterior del tubo de oxígeno dentro del cual ajusta el recipiente C.
H = Tubo de hidrógeno.
N = Tobera del soplete dentro del hogar de arcilla refractaria a través de la ventanilla W.
O = Tubo de oxígeno.
P = Bola de forma pera en curso de formación sobre la varilla de arcilla refractaria R.
S = Base de criba del recipiente.
F = Mesa que puede ser levantada y bajada, la cual aloja la varilla de arcilla refractaria.

Durante cierto tiempo los cristales así formados se van acumulando con una orientación de paralelismo entre sí; pero llega el momento en que uno de los cristales comienza a agrandarse a costa de los demás, debiéndose entonces aumentar la alimentación de polvos y el calor del soplete hasta rebasar ligeramente los 2.000° C. De esta manera llega a formarse una masa o bola en forma de pera invertida que constituye un monocristal de corindón, el cual alcanza toda su dureza cuando se ha enfriado por completo.

Existe, sin embargo, una notable diferencia entre esta bola y el cristal natural, ya que en aquélla existe una zona de tensiones que aproximadamente interesa su plano de simetría longitudinal, pero que desaparece realizando la fractura de la pera por dicha zona, con lo que se obtienen dos mitades libres de tensiones y aptas cada una de ellas para ser mecanizadas.

No obstante, deberá tenerse en cuenta que no coincide el eje de la bola con el del cristal, sino que ambas direcciones pueden divergir hasta 40° C.; y siendo la dirección cristalográfica privilegiada en ciertas propiedades, es ésta una circunstancia que juega un papel más importante en la producción de cojinetes a partir de las piedras sintéticas.

Sin ánimo de profundizar en la técnica del mecanizado de las piedras sintéticas, mencionamos a continuación las operaciones sucesivas por las que va pasando cada una de las mitades de la bola antes obtenida.

La primera de ellas es el aserrado según su eje óptico, previamente aseguradas con una especie de lacre o bloques de madera, y que da como resultado la obtención de pequeños elementos prismáticos de base cuadrada. Figs. 2p y 3p.

A continuación se les somete a una operación con muela, al objeto de obtener redondos, de los prismas anteriores. Los útiles de estas dos operaciones realizan su misión gracias al polvo de diamante que llevan adherido a la superficie de trabajo.

Vienen luego el torneado para dejar los redondos al grueso

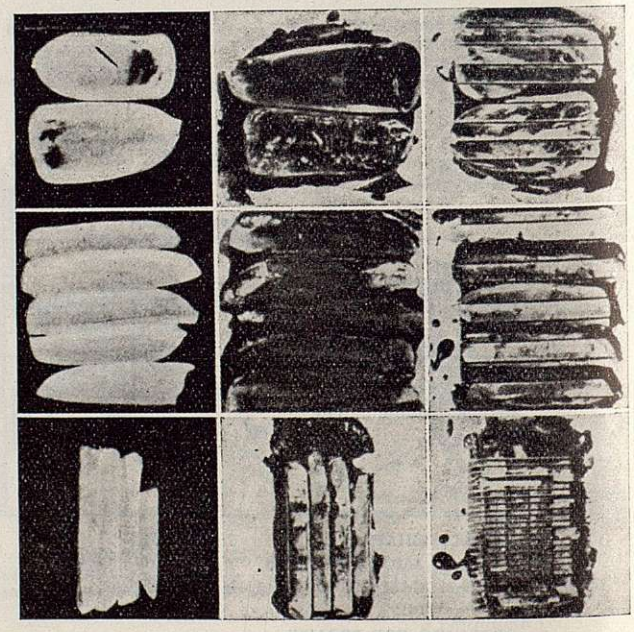


Fig. 2 p.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

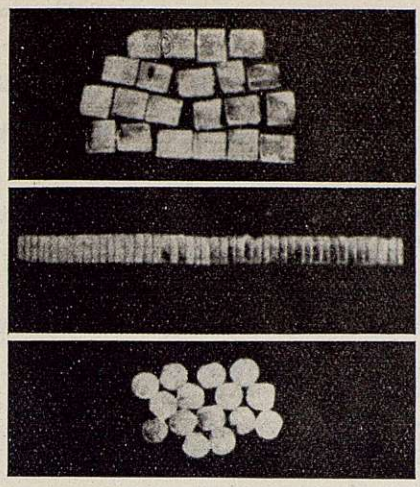
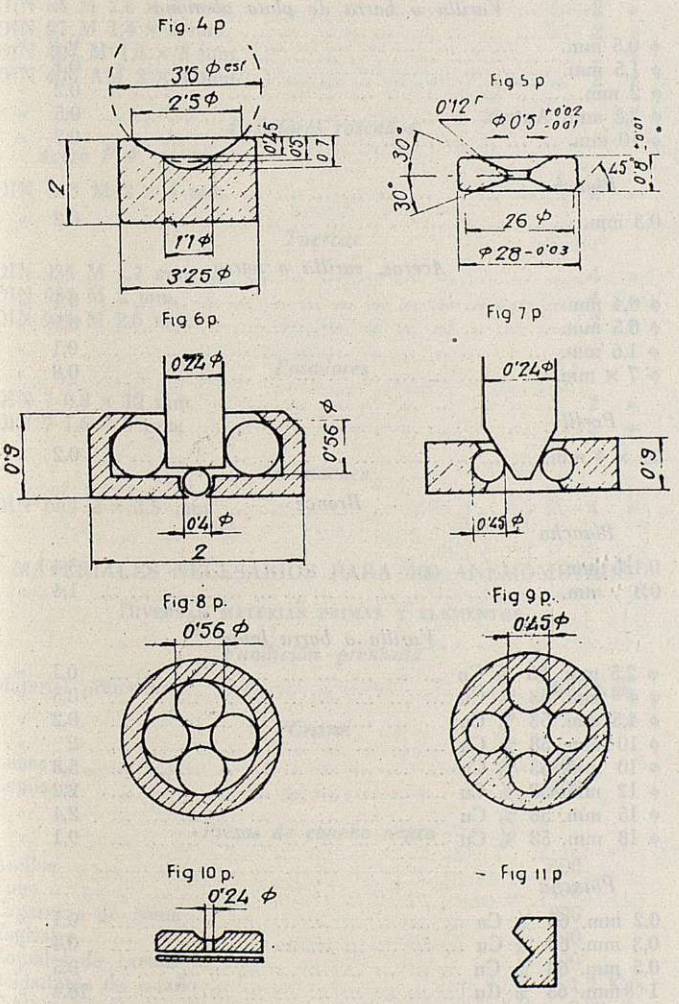


Fig. 3 p.

requerido, el taladrado para la obtención de los agujeros (que es una de las operaciones más delicadas), el ahuecado en las diversas modalidades que presentas las figuras (4_p, 5_p, 6_p, 7_p, 8_p, 9_p, 10_p, 11_p), es decir, cónico, semiesférico, doblesemiesférico, etcétera, con tolerancias de 0,0003 de milímetro, la amoladura de las caras interiores y exteriores, como así mismo de las caras paralelas de las piedras rectas, el pulido de todas las partes ahuecadas, seguido del pulido de espejo y, por último, la inspección o revisado y clasificación constituyen las más importantes fases de la preparación de un cojinete, para todas las cuales se necesita una escogida mano de obra.



Cotas en mm.

TERMOPARES

Debido a la eficacia del sistema, por su sensibilidad y por la acomodabilidad a los lugares donde más interesa conocer la temperatura del motor, se han impuesto los termómetros termoeléctricos en el campo de la aviación que están fundados, como sabemos, en la técnica de los termopares, los cuales proporcionan la fuerza electromotriz necesaria para detectar los cambios de temperatura que se producen.

Ahora bien, la fuerza electromotriz desarrollada por un par es función de la composición química de los conductores en la zona donde varía la temperatura. Por consiguiente, la homogeneidad de dicha composición es el factor más importante para obtener un alto grado de precisión con un par.

En nuestra industria no ha sido conseguido todavía la calidad deseada para este imprescindible material de la termometría moderna.

Por consiguiente, los adelantos que se pretendan conseguir en este sentido, tienen que estar apoyados forzosamente en el perfeccionamiento de los métodos que nos den la medida de esta falta de homogeneidad.

Aparte de la homogeneidad en la composición de los metales que forman el par, existen varios factores a tener en cuenta en la elección del material termoeléctrico, a saber: *a*), potencia termoeléctrica ($\frac{dE}{dT}$) que debe ser alta; *b*), resistencia mecánica, que debe ser buena, después de repetidos calentamientos y enfriamientos; *c*), elevada resistencia a la corrosión; *d*), baja conductibilidad térmica del material para que no aleje el calor del lugar donde se va a medir la temperatura; *e*), resistencia eléctrica baja, y *f*), coeficiente de temperatura de resistencia eléctrica bajo.

A continuación damos una tabla de diversos pares, donde puede verse el valor de cada uno de estos factores.

	$\frac{dE}{dT}$ (1)	Resistencia eléctric°/pie.	Cambio resistencia por C° (2	Resistencia mecánica	Resistencia a la corrosión
Cobre				Poca.	Excelente.
«Constantan»	49,5	0,074	0,012	Buena.	Buena.
Cromo P				Poca.	Excelente.
Aluminio	40,7	0,147	0,096	Buena.	Buena.
Hierro				Poca.	Excelente.
«Constantan»	55,2	0,087	0,094	Buena.	Buena.
Cromo P				Poca.	Excelente.
«Constantan»	70,1	0,176	0,024	Buena.	Buena.

(1) En el intervalo 0°-300° C.
(2) En el intervalo 20°-30° C., en porcentaje de la de 20° C.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

En la siguiente tabla damos el promedio de temperatura fuerza electromotriz para los mismos termopares que antes:

TEMPERATURA		FUERZA ELECTROMOTRIZ, MILIVOLTIOS			
°C.	°F.	Cobre «Constantan»	Cromo P P-Aluminio	Hierro «Constantan»	Cromo P-«Constantan»
— 20	— 4	— 0,75	— 0,77	— 1,03	— 1,14
— 15	5	— 0,57	— 0,58	— 0,77	— 0,86
— 10	14	— 0,38	— 0,39	— 0,52	— 0,58
— 5	23	— 0,19	— 0,20	— 0,26	— 0,29
0	32	0	0	0	0
5	41	0,19	0,20	0,26	0,29
10	50	0,39	0,40	0,52	0,59
15	59	0,59	0,60	0,78	0,89
20	68	0,79	0,80	1,05	1,19
25	77	0,99	1,00	1,31	1,49
30	86	1,19	1,20	1,58	1,79
35	95	1,40	1,40	1,85	2,10
40	104	1,61	1,61	2,12	2,41
45	113	1,82	1,81	2,38	2,72
50	122	2,03	2,02	2,66	3,04
100	212	4,28	4,10	5,40	6,32
150	302	6,70	6,13	8,19	9,79
200	392	9,28	8,13	10,99	13,42
250	482	12,01	10,15	13,79	17,18
300	572	14,86	12,21	16,56	21,03
350	662	17,82	14,29	19,32	24,96
400	752	—	16,39	22,07	28,94
450	842	—	18,50	24,82	32,96
500	932	—	20,64	27,58	37,00
550	1.022	—	22,77	30,39	41,05

EL PROBLEMA ECONÓMICO

A la vista de los diferentes problemas planteados para conseguir una mejor calidad en los instrumentos de a bordo, surge el problema de ser o no aceptable la idea de emprender la fabricación de los diversos materiales que constituyen la clave de su solución.

Pero lo que resulta indudable es que se hace imprescindible el disponer de la clase de materiales que en cada caso reúnen las condiciones exigidas, si es que ha de lograrse una mayor perfección de los instrumentos conseguidos en nuestras fábricas, las cuales han alcanzado una altura de conocimientos técnicos muy aceptables y no siempre ven coronados sus trabajos con el éxito por circunstancias atribuíbles en muchos casos a falta de características elevadas del material que emplean, por no producirse en la industria nacional otros de superiores características.

Es, por tanto, una imperiosa necesidad el decidir si los aludidos materiales han de importarse, en cuyo caso deben ser atendidas con preferencia las solicitudes correspondientes, para que sin demoras excesivas llegue el material a su debido tiempo, o bien deben fabricarse por la industria nacional para conseguir la autarquía en la producción, para lo cual hemos encontrado práctico dar una relación de las cantidades y dimensiones de los diversos materiales que intervienen en los instrumentos que actualmente se encuentran en fabricación.

Es indudable que alguno de los materiales aquí relacionados pueden también ser de utilidad para otras aplicaciones industriales, lo que podría representar una razón más para acometer su producción.

ANEXO

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 ALTÍMETROS

DIVERSAS MATERIAS PRIMAS Y ELEMENTOS

Fundición prensada

Material prensado ... 400 Kgs.
Ms 58 ... 100 »

Cristal

Lunas ... 200

Piezas de caucho negro

Anillos ... 200
Caperuzas de goma ... 200
Esferas ... 400
Espirales ... 200
Embalajes de cartón ... 200
Soldadura de estaño ... 0,6 »
Pintura luminosa ... 0,04 »

Lacas y betunes de cierre ... 0,04 »
0,1 »
0,1 »
0,4 »
0,2 »

Varilla o barra de plata alemana

ϕ 0,5 mm. ... 0,1 »
ϕ 1,5 mm. ... 0,1 »
ϕ 2 mm. ... 0,2 »
ϕ 3,2 mm. Autom. ... 0,5 »
ϕ 10 mm. ... 0,7 »

Plancha

0,3 mm. ... 0,2 »

Aceros, varilla o barra

ϕ 0,4 mm. ... 0,1 »
ϕ 0,5 mm. ... 0,1 »
ϕ 1,6 mm. ... 0,1 »
ϕ 7 × mm. ... 0,8 »

Perfil

15 × 4 mm. ... 0,2 »

Bronce

Plancha

0,185 mm. ... 3,4 »
0,8 mm. ... 1,4 »

Varilla o barra latón

ϕ 2,5 mm. 63 % Cu ... 0,1 »
ϕ 4 mm. 63 % Cu ... 0,5 »
ϕ 4,5 mm. 53 % Cu ... 0,2 »
ϕ 10 mm. 58 % Cu ... 2 »
ϕ 10 mm. 63 % Cu ... 5,8 »
ϕ 12 mm. 58 % Cu ... 2,2 »
ϕ 15 mm. 58 % Cu ... 2,4 »
ϕ 18 mm. 58 % Cu ... 9,1 »

Plancha

0,2 mm. 63 % Cu ... 0,1 »
0,3 mm. 63 % Cu ... 0,4 »
0,5 mm. 63 % Cu ... 0,5 »
1 mm. 63 % Cu ... 16,4 »
2 mm. 58 % Cu ... 0,6 »

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Pletina o perfil

1,5 × 4 mm. 63 % Cu	0,2	Kgs.
3 × 4 mm. 58 % Cu	0,2	»
4 × 4 mm. 58 % Cu	0,8	»

Exagonal

SW 17 mm. 58 % Cu	3	»

Varilla o barra aluminio y aleaciones ligeras

φ 5,5 mm.	0,7	»

Tubo

φ 76 × 5 mm.	10,8	»

Plancha

0,1 mm.	0,1	»
0,3 mm.	1	»
0,5 mm.	0,1	»

TORNILLERÍA, TUERCAS, REMACHES, ETC., NORMALIZADOS

Tornillos

Plata alemana

Din 84 M 1,7 × 4 mm.	2	Kgs.
DIN 84 M 2 × 3 mm.	2	»
DIN 84 M 2× 4 mm.	4	»
DIN 84 M 2 × 5 mm.	2	»
DIN 84 M 2,6 × 3 mm.	2	»
DIN 87 M 1,4 × 3 mm.	2	»
DIN 404 M 1,4 × 3 mm.	2	»
DIN 404 AM 2 × 4 mm.	2	»

Pasadores roscados

Acero F 4

DIN 563 M 2 × 4 mm.	2	»

Tuercas

DIN 934 M 1,7 mm.	4	»
DIN 934 M 2 mm.	4	»
DIN 934 M 2,6 mm.	2	»

Pasadores

DIN 7 0,8 × 12 mm.	2	»
DIN 7 1,6 × 8 mm.	2	»

Remaches

DIN 663 2 × 3,5 mm.	4	»

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 ANEMÓMETROS

DIVERSAS MATERIAS PRIMAS Y ELEMENTOS

Fundición prensada

Material prensado	400	Kgs.

Cristal

Lunas	400	
Capilares	400	

Piezas de caucho negro

Anillos	400	
Tubo	400	
Caperuzas de goma	800	
Espirales	400	
Embales de cartón	400	
Soldaduras de estaño	1,2	Kgs.
Pintura luminosa	0,08	»

Lacas y betunes de cierre

	0,8	Kgs.
	0,1	»
	0,2	»
	1,6	»
	0,4	»
Litargirio	0,1	»
Glicerina	0,1	»

Varilla o barra de plata alemana

φ 0,5 mm.	0,1	»
φ 1,5 mm.	0,1	»
φ 2 mm.	0,4	»
φ 3,2 mm. Autom.	1	»

Plancha

0,3 mm.	0,4	»

Aceros, varilla o barra

φ 0,5 mm.	0,2	»
φ 1,6 mm.	0,2	»
φ 7 mm.	1,6	»

Bronce

Plancha

0,05 mm.	0,5	»
0,08 mm.	0,7	»
0,1 mm.	18	»

Varilla o barra latón

φ 2,5 mm. 63 % Cu	0,2	»
φ 3 mm. 63 % Cu	0,2	»
φ 4 mm. 63 % Cu	1,4	»
φ 4,5 mm. 63 % Cu	0,4	»
φ 5 mm. 63 % Cu	1	»
φ 8,5 mm. 63 % Cu	2,4	»
φ 10 mm. 63 % Cu	8,8	»
φ 11 mm. 63 % Cu	2,9	»
φ 12 mm. 58 % Cu	7,3	»
φ 18 mm 58 % Cu	18,2	»

Plancha

0,2 mm. 63 % Cu	0,2	»
0,3 mm. WEICH	0,7	»
0,5 mm. 63 % Cu	0,1	»
1 mm. 63 % Cu	32,8	»
12 mm. 63 % Cu	0,8	»
2 mm. 58 % Cu	1,3	»

Pletina o perfil

1,5 × 4 mm. 63 % Cu	0,4	»
3 × 4 mm. 58 % Cu	0,4	»
4 × 4 mm. 58 % Cu	1,6	»

Exagonal

S W 12 mm. e/c.	10,6	»
S W 17 mm. e/c.	5	»

Varilla o barra aluminio y aleaciones ligeras

φ 5,5 mm.	1,4	»

Tubo

φ 76 × 5 mm.	23	»

Plancha

0,1 mm.	0,2	»
0,3 mm.	2	»
0,6 mm.	4	»
1 mm.	0,2	»

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

TORNILLERÍA, TUERCAS, REMACHES, ETC., NORMALIZADOS

Tornillos

Plata alemana

DIN 84 M 1,7 × 4 mm.	4	Kgs.
DIN 84 M 2 × 3 mm.	4	»
DIN 84 M 2 × 4 mm.	24	»
DIN 84 M 2,6 × 3 mm.	4	»

Acero F 4

DIN 84 M 1,7 × 4 mm.	»	»

Plata alemana

DIN 87 M 2 × 5 mm.	4	»
DIN 404 M 1,4 × 3 mm.	4	»

Pasadores roscados

Acero F 4

DIN 553 M 2 × 4 mm.	4	»

Tuercas

DIN 439 M 2,6 mm.	4	»
DIN 934 M 1,7 mm.	8	»
DIN 934 M 2 mm.	8	»

Pasadores

DIN 1 1 × 12 mm.	4	»

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 MANÓMETROS DE ADMISIÓN

Varilla o barra de plata alemana

φ 0,5 mm.	0,1	Kgs.
φ 1,5 mm.	0,1	»
φ 2 mm.	0,2	»

Plancha

0,3 mm.	0,1	»

Aceros, varilla o barra

φ 0,5 mm.	0,1	»
φ 1,6 mm.	0,1	»
φ 7 mm.	0,4	»

Plancha

1,25 mm.	0,1	»
2,5 mm.	0,4	»

Bronce

Plancha

0,4 mm.	3,4	»
0,8 mm.	1,6	»

Tornillos

Plata alemana

DIN 84 M 2 × mm.	1	»
DIN 84 M 2 × 4 mm.	6	»
DIN 84 M 2 × 5 mm.	1	»
DIN 84 M 2,6 × 3 mm.	1	»

Acero F 4

DIN 84 M 1,7 × 5 mm.	1	»
DIN 87 M 1,4 × 3 mm.	1	»

Plata alemana

DIN 404 M 1,4 × 3 mm.	1	»

Acero

DIN 404 M 1,4 × 2,5 mm.	1	Kgs.
DIN 933 M 2 × 5 mm.	1	»

Pasadores roscados

Plata alemana

DIN 553 M 3 × 14 mm.	1	»

Tuercas

DIN 934 M 1,7 mm.	2	»
DIN 934 M 2 mm.	2	»
DIN 934 M 2,6 mm.	1	»

Pasadores

DIN 1 1 × 12 mm.	1	»

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 VARIÓMETROS ESTATOSCÓPICOS

Varilla o barra de plata alemana

φ 0,5 mm.	0,1	Kgs.
φ 1,5 mm.	0,1	»
φ 2 mm.	0,1	»
φ 3 mm.	0,6	»
φ 6 mm.	0,3	»
φ 18 mm.	4,1	»

Plancha

0,3 mm.	0,1	»

Aceros, varilla o plancha

φ 0,5 mm.	0,1	»
φ 1,6 mm.	0,1	»
φ 7 mm.	0,4	»

Bronce

Plancha

0,035 mm.	1,2	»
0,15 mm.	0,1	»
0,5 mm.	0,1	»

TORNILLERÍA, TUERCAS, REMACHES, ETC., NORMALIZADOS

Tornillos

Plata alemana

DIN 84 M 1,7 × 4 mm.	1	Kgs.
DIN 84 M 2 × 3 mm.	1	»
DIN 84 M 2 × 4 mm.	7	»
DIN 84 M 2,6 × 3 mm.	1	»
DIN 84 M 3 × 8 mm.	2	»
DIN 84 M 3 × 12 mm.	1	»
DIN 404 M 1,4 × 3 mm.	1	»

Pasadores roscados

Acero F 4

DIN 553 M 1,4 × 2 mm.	1	»

Tuercas

DIN 439 M 2,6 mm.	1	»
DIN 934 M 1,7 mm.	2	»
DIN 934 M 2 mm.	2	»
DIN 934 M 3 mm.	1	»

Pasadores

DIN 1 0,8 × 12 mm.	1	»
DIN 7 1,6 × 8 mm.	1	»

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Arandelas

DIN 433 3,2 mm.	2	Kgs.
DIN 433 4,2 mm.	1	»

Acero F 4

DIN 553 M 1,4 × 2 mm.	1	»
DIN 553 M 2 × 5 mm.	2	»

Tuercas

DIN 439 M 3 mm.	3	»
DIN 934 M 1,7 mm.	2	»
DIN 934 M 2 mm.	2	»
DIN 934 M 3 mm.	1	»

Pasadores

DIN 1 0,8 × 12 mm.	1	»
DIN 7 0,5 × 7 mm.	4	»
DIN 7 1,5 × 7 mm.	1	»
DIN 7 2,6 × 8 mm.	1	»
DIN 7 2,6 × 12 mm.	2	»

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 INDICADORES DE RUMBO

Varilla o barra de plata alemana

ϕ 2 mm.	0,2	Kgs.
ϕ 3 mm.	0,1	»
ϕ 6 mm.	0,5	»
ϕ 7 mm.	0,8	»

Plancha

0,3 mm.	0,1	»

Aceros, varilla o barra

ϕ 0,5 mm.	0,1	»
ϕ 2 mm.	0,1	»
ϕ 3 mm.	0,1	»
ϕ 1 mm.	0,1	»
ϕ 0,5 mm.	0,1	»
ϕ 1 mm.	0,1	»

Bronce

Plancha

0,035 mm.	0,6	»

Cobre

Tubo

ϕ 3 × 0,5 mm.	0,2	»

TORNILLERÍA, TUERCAS, REMACHES, ETC., NORMALIZADOS

Tornillos

Plata alemana

DIN 84 M 1,4 × 3 mm.	1	Kgs.
DIN 84 M 2 × 4 mm.	2	»
DIN 84 M 2 × 5 mm.	4	»

Latón 58 % Cu

DIN 84 M 1,4 × 4 mm.	1	»
DIN 84 M 3 % 4 mm.	2	»
DIN 84 M 3 × 6 mm.	2	»
DIN 84 M 4 % 6 mm.	2	»

Acero F 4

DIN 84 M 3 × 31,5 mm.	6	»

Plata alemana

DIN 87 M 3 × 6 mm.	2	Kgs.

Latón

DIN 87 M 2 × 5 mm.	4	»
DIN 87 M 2 × 7 mm.	1	»
DIN 87 M 3 × 5 mm.	2	»
DIN 87 M 4 × 8 mm.	4	»

Pasadores roscados

Plata alemana

DIN 553 M 1,4 × 5 mm.	2	»

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 BRÚJULAS

DIVERSAS MATERIAS PRIMAS Y ELEMENTOS

PILOTO

Fundición en arena

Al-Mg	100	Kgs.

Cristal

Cúpulas	100	

Piezas de caucho negro

Anillos	100	
Goma esponjosa	200	
Rosas de viento	100	
Chapas de rótulo	100	
Zafiro sintético	100	
Línea de fe	100	
Anillos de hermeticidad	100	
Embalajes de cartón	100	
Amianto	30	»
Papel de filtro	16	»
Plata para soldaduras	0,2	»
Soldadura de estaño	0,8	»
Líquido INTAVA	30	»

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 BRÚJULAS DE PILOTO

Varillas o barra de plata alemana

ϕ 8 mm.	0,6	Kgs.
ϕ 12 mm.	1	»

Plancha

0,2 mm.	0,4	»

Aceros

Plancha

0,65 mm.	0,1	»

Plomo

Plancha

0,2 mm.	0,1	»
0,3 mm.	0,1	»
1 mm.	0,1	»

Plancha de argentan

0,15 mm.	1,3	»

Piloto

ϕ 3 mm. 63 % Cu.	0,1	»
ϕ 3,5 mm. 63 % Cu.	0,4	»
ϕ 8 mm. 63 % Cu.	0,4	»
ϕ 12 mm. 63 % Cu.	1,2	»

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Tubo

25 × 1 mm.	1,9	»
φ 58 × 2 mm. 63 % Cu	2,5	»

Plancha

0,5 mm. 63 % Cu.	0,4	»
0,6 mm. 63 % Cu.	0,5	»
1,2 mm. 63 % Cu.	16,5	»

Pletina o perfil

1,5 × 10 mm. 63 % Cu.	0,4	»
Perfil en «Z»	0,6	»

Exagonal

3 W 11 mm. 63 % Cu.	0,5	»

PILOTO

Varilla o barra aluminio y aleaciones ligeras

φ 0,7 mm.	0,1	»

Tubo

φ 0,7 × 0,1 mm.	0,1	»

Plancha

1,25 mm.	1,4	»

Perfiles cuadrados

20 × 20 mm.	1,9	»

OBSERVADOR

Varilla o barra aluminio y aleaciones ligeras

φ 0,7 mm.	0,1	»
φ 33 mm.	4,7	»

Plancha

0,7 mm.	0,1	»
1 mm.	1,4	»
12 mm.	0	»
1,5 mm.	0,5	»

TORNILLERÍA, TUERCAS, REMACHES, ETC., NORMALIZADOS

Tornillos

Plata alemana

DIN 84 M 1,4 × 1,5 mm.	1	Kgs.
DIN 84 M 1,4 × 2 mm.	1	»
DIN 84 M 1,4 × 3 mm.	2	»
DIN 84 M 3 × 5 mm.	1	»

Latón

DIN 85 M 4 × 20 mm.	4	»

Plata alemana

DIN 87 M 3 × 4 mm.	2	»

Pasadores roscados

Plata alemana

DIN 553 M 1,4 × 2 mm.	1	»

Tuercas

DIN 439 M 3,5 mm.	1	«
DIN 439 M 4 mm.	8	»

Remaches

DIN 663 1,4 × 4 mm.	2	»
DIN 663 1,4 × 5 mm.	2	»

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 BRÚJULAS

DIVERSAS MATERIAS PRIMAS Y ELEMENTOS

OBSERVADOR

Fundición en arena

Rg 9	9	Kgs.
Al - Si	100	»

Cristal

Cúpulas	100	»

Piezas de caucho negro

Anillos	300	»
Goma esponjosa	200	»
Rosas de viento	100	»
Chapas de rótulo	300	»
Zafiro sintético	100	»
Anillos de hermeticidad	100	»
Embalajes de cartón	100	»
Amianto	100	»
Papel de filtro	1,7	»
Plata para soldaduras	0,2	»
Soldadura de estaño	1,5	»
Líquido INTAVA	60	»

MATERIAL NECESARIO PARA 100 BRUJULAS DE OBSERVADOR

Plata alemana

Varilla o barra

φ 1,5 mm.	0,1	Kgs.
φ 4 mm.	0,1	»
φ 6 mm.	1	»
φ 8 mm.	0,5	»
φ 10 mm.	0,6	»
φ 12 mm.	1	»

Plancha

0,3 mm.	0,1	»
0,35 mm.	0,1	»

Aceros

Varilla o barra

φ 0,6 mm.	0,1	»
φ 1 mm.	0,1	»

Plancha

0,65 mm.	1,3	»

Plomo

Plancha

0,8 mm.	0,1	»

Plancha de argentan

0,15 mm.	3,1	»

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 BRÚJULAS

Varilla o barra latón

OBSERVADOR

φ 4,5 mm. 63 % Cu.	0,2	Kgs.
φ 5 mm. 63 % Cu.	0,2	»
φ 6 mm. 63 % Cu.	1,1	»
φ 12 mm. 63 % Cu.	1,5	»

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Tubo

ϕ 70 × 2 mm. 63 % Cu.	3,8	Kgs.
ϕ 90 × 1 mm. 63 % Cu.	2,5	»

Plancha

0,5 mm. 63 % Cu.	0,4	»
1,55 mm. 60 % Cu.	1,5	»
1,7 mm. 63 % Cu.	5,1	»

Pletina o perfil

1,5 × 18 mm. 63 % Cu.	2,1	»
10 × 10 × 2 mm. 58 % Cu.	1,4	»

Exagonal

SW 8 mm. 63 % e/c.	4,4	»
SW 11 mm. 63 % c/c.	0,8	»

TORNILLERÍA, TUERCAS, REMACHES, ETC., NORMALIZADOS

Tornillos

Plata alemana

DIN 84 M 1,2 × 2,5 mm.	2	Kgs.
DIN 84 M 2 × 3 mm.	4	»
DIN 84 M 2 × 5 mm.	4	»
DIN 84 M 3 × 4 mm.	2	»
DIN 84 M 4 × 5 mm.	1	»

Latón 58 % Cu

DIN 85 M 2 × 3 mm.	1	»

Plata alemana

DIN 88 M 2 × 5 mm.	1	»
DIN 404 AM 2 × 6 mm.	1	»
DIN 404 AM 4 × 14 mm.	2	»

Pasadores roscados

Plata alemana

DIN 551 M 2 × 4 mm.	1	»
DIN 563 M 1,4 × 2 mm.	1	»

Tuercas

DIN 934 M 3 mm.	1	»
DIN 934 M 4 mm.	2	»

Remaches

DIN 660 1 × 2,5 mm.	2	»
DIN 663 2 × 5 mm.	1	»

Arandelas

DIN 125 4,2 mm.	2	»
DIN 134 2,1 mm.	1	»
DIN 433 1,3 mm.	2	»
DIN 433 3,2 mm.	2	»
DIN 433 4,2 mm.	2	»

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 TELEBRÚJULAS

DIVERSAS MATERIAS PRIMAS Y ELEMENTOS

Fundición en arena

Rg9	100	Kgs.
Al-Mg	100	»

Fundición en caliente (a inyección)

Material Al-Mg	100	»

Fundición prensada

Material prensado	800	»
Ms-60	300	»

Piezas de caucho negro

Anillos	200	
Láminas para juntas	300	
Tubo	400	
Goma esponjosa	100	
Sandow	200	
Chapas de rótulos	300	
	200	
Zafiro sintético	300	
Tubos de protección	600	
Chapas de freno	200	
Plomo de precinto	400	
Anillos de hermeticidad	200	
Embalajes de cartón	100	
Bolsas de celofán completas	100	
Cuerda	45	Kgs.
Tubo de frenos	23	»
Tela metálica núm. 30 Ms-60	1,3	»
Tela metálica núm. 100 Ms-60	4,3	»
Tela metálica Al-Mg 1.600 espacios/cm^2	1	»
Tejido de hilo	10	»
Muletón	10	»
Cuentas de vidrio	10	»
Soldadura de estaño	0,3	»
	0,4	»
Polvos supra Nr 21	0,3	»

Lacas y betunes de cierre

	0,2	»
Pasta cementosa	0,2	»
Polvo de pizarra	0,1	»
Polvos para esmerilar americanos	0,1	»
Grasa núm. 1.438	0,3	»
	0,1	»
Aceite de máquinas	0,2	»

Plata alemana

Varilla o barra

ϕ 0,3 mm.	0,1	»
ϕ 0,6 mm.	0,1	»
ϕ 2 mm.	0,1	»
ϕ 3,2 mm. Autom.	0,3	»
ϕ 5,5 mm.	0,6	»
ϕ 13 mm.	0,8	»
ϕ 14 mm.	5,1	»
ϕ 22 mm.	3,5	»
ϕ 23 mm.	3	»

Aceros

Varilla o barra

ϕ 3 mm.	0,1	»
ϕ 1,5 mm.	0,1	»
ϕ 3 mm.	0,1	»

Plancha

0,65 mm.	0,6	»

Bronce

Barra.

ϕ 26 mm.	16	»

Plancha

0,5 mm.	0,5	»
0,75 mm.	1,3	»
0,8 mm.	0,3	»

Cobre

Plancha

1 mm.	0,7	»
2 mm.	70	»

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Monel

φ 12 mm.	1,3 Kgs.

Varilla o barra latón

φ 6 mm. 60 % Cu.	0,2 »
φ 16 mm. 58 % Cu.	2,1 »
φ 32 mm. 60 % Cu.	54,7 »
φ 48 mm. 60 % Cu.	8,1 »
φ 50 mm. 60 % Cu.	18,5 »
φ 60 mm. 60 % Cu.	2,8 »

Tubo

φ 2,5 × 0,5 mm. 60 % Cu.	0,1 »
φ 3,5 × 0,5 mm. 60 % Cu.	0,2 »
φ 25 × 6 mm. 60 % Cu.	5,4 »

Plancha

0,3 mm. 63 % Cu.	2,5 »
0,3 mm. weich	0,7 »
0,5 mm. 63 % Cu.	0,9 »
1,5 mm. 60 % Cu.	0,8 »

Pletina o perfil

2 × 25 mm. 60 % Cu.	4,6 »

Exagonal

SW 8 mm. 58 % Cu.	3,1 »
SW 17 mm. 60 % Cu.	6,5 »

Varilla o barra aluminio y aleaciones ligeras

φ 0,7 mm.	0,1 »
φ 18 mm.	0,5 »
φ 19 mm.	1,4 »
φ 20 mm.	2,2 »
φ 25 mm.	4,5 »
φ 26 mm.	2,1 »
φ 26 mm.	1,2 »

Tubo

φ 5 × 0,5 mm.	0,1 »
φ 6 × 1,25 mm.	0,4 »
φ 10 × 1 mm.	0,8 »
φ 50 × 0,5 mm.	0,1 »
φ 82 × 1,5 mm.	3,6 »
φ 108 × 2 mm.	4,6 »

Plancha

0,3 mm.	0,2 »
0,3 mm.	0,7 »
0,4 mm.	0,1 »
0,5 mm.	1,3 »
1 mm.	33,3 »
1 mm.	0,2 »
12 mm.	6,4 »
1,5 mm.	147,8 »
1,5 mm.	0,2 »
2 mm.	2,5 »
2 mm.	3,1 »
2 mm.	10,6 »

TORNILLERÍA, TUERCAS, REMACHES, ETC., NORMALIZADOS

Tornillos

Plata alemana

DIN 84 M 2 × 14 mm.	4 Kgs.
DIN 84 M 3 × 6 mm.	10 »
DIN 85 M 2 × 5 mm.	4 »
DIN 85 M 3 × 18 mm.	3 »
DIN 85 M 4 × 10 mm.	4 »
DIN 85 M 5 × 12 mm.	2 »
DIN 85 M 5 × 15 mm.	1 »
DIN 87 M 3 × 8 mm.	3 »
DIN 87 M 3 × 12 mm.	6 »
DIN 404 AM 2 × 3 mm.	4 »
DIN 404 AM 3 × 4 mm.	1 »
DIN 404 AM 3 × 6 mm.	10 »
DIN 404 AM 3 × 14 mm.	4 »
DIN 931 M 3 × 10 mm.	4 »
DIN 933 M 3 × 6 mm.	4 »

Pasadores roscados

Plata alemana

DIN 553 M 2 × 4 mm.	4 »
DIN 553 M 3 × 4 mm.	1 »

Tuercas

DIN 439 M 2	3 »
DIN 439 M 3	4 »
DIN 934 M 1,4	1 »
DIN 934 M 3 mm.	7 »
DIN 934 M 5 × 0,5 mm.	1 »
DIN 934 M 3 mm.	3 »
DIN 934 M 5 mm.	3 »

Pasadores

DIN 7 1 m. 6 × 4 mm.	1 »
DIN 7 1,5 m. 6 × 5 mm.	1 »

Remaches

DIN 660 1,5 × 3,5 mm.	2 »
DIN 660 2 × 4 mm.	2 »
DIN 663 1,4 × 3 mm.	5 »
DIN 663 2 × 4 mm.	8 »
DIN 663 3 × 6 mm.	13 »
DIN 663 3 × 13 mm.	4 »
DIN 664 3 ×6 mm.	4 »
DIN 664 2 ×8 mm.	4 »
DIN 664 3 × 5 mm.	4 »

Arandelas

DIN 134 3,2 mm.	3 »
DIN 134 3,2 mm.	4 »
DIN 134 4,3 mm.	4 »
DIN 134 5,3 mm.	3 »

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 MANIPULADORES DE RUMBO

DIVERSAS MATERIAS PRIMAS Y ELEMENTOS

Fundición en coquilla

Al - Cu	400 Kgs.

Fundición prensada

Material prensado	100 »
Ms. 58	200 »

Cristal

Lunas	100

Piezas de caucho negro

Caperuzas de goma	100
Rosas de viento	100
Cojinetes a bolas	300
Embalajes de corcón	100
Grasa 1.438	0,3 Kgs.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Plata alemana

Varilla o barra

φ 0,5 mm.	0,1	Kgs.
φ 5,5 mm.	1,5	»
φ 7,5 mm.	3,2	»
φ 9 mm.	1,9	»

Plancha

1 mm.	0,8	»

Aceros

Varilla o barra

φ 3 mm.	1,1	»
φ 0,4 mm.	0,2	»

F 4

φ 26 mm.	4,6	»

Bronce

Barra

φ 0,5 mm.	0,1	»
φ 27 mm.	8,3	»
φ 7 mm.	0,5	»

Plancha.

0,5 mm.	0,1	»

Varilla o barra de latón

φ 4 mm 58 % Cu.	0,4	»
φ 8 mm. 58 % Cu.	0,5	»
φ 12 mm. 58 % Cu.	0,9	»
φ 18 mm. 58 % Cu.	0,6	»

Plancha

1 mm. 63 % Cu.	0,2	»

Exagonal

SW 12 mm. 58 % Cu.	2,6	»

Varilla o barra aluminio y aleaciones ligeras

φ 15 mm.	2,3	»
φ 16 mm.	1,3	»
φ 24 mm.	1,3	»
φ 40 mm.	3,17	»
φ 62 mm.	5,9	»

Plancha

0,5 mm.	0,1	»
0,75 mm.	0,1	»
0,8 mm.	0,5	»

TORNILLERÍA, TUERCAS, REMACHES, ETC., NORMALIZADOS

Tornillos

Plata alemana

DIN 84 M 1,4 × 5 mm.	3	Kgs.
DIN 85 M 3 × 12 mm.	3	»
DIN 87 M 3 × 8 mm.	6	»
DIN 88 M 2 × 6 mm.	1	»
DIN 404 AM 4 × 10 mm.	1	»

Pasadores

DIN 7 1,5 m. 6 × 6 mm.	1	»
DIN 7 2 m. 6 × 10 mm.	1	»
DIN 7 2 m. 6 × 12 mm.	3	»
DIN 7 2 m. 6 × 14 mm.	11	»

Remaches

DIN 7 2 m. 6 × 12 mm.	3	Kgs.

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 INDICADORES DE VIRAJE

DIVERSAS MATERIAS PRIMAS Y ELEMENTOS

Función en coquilla

Al - Si	200	Kgs.

Funaición prensada

Material prensado	200	»
Ms. 58	200	»
Ms. 60	100	»
Al - Mg.	100	»

Cristal

Lunas	100	
Niveles	100	

Piezas de caucho negro

Anillos	100	
Caperuzas de goma	200	
Chapas de rótulo	100	
Bolas	2.000	
Embalajes de cartón	100	
Fieltro blanco	200	
Tela metálica núm. 30 Al - Mg.	0,1	Kgs.
Pintura luminosa	0,02	»

Lacas y betunes de cierres

	0,02	»
	0,2	»
	0,1	»
Aceite P. 40	0,1	»

Plata alemana

Varilla o barra

φ 4 mm.	3,5	»

Aceros

Varilla o barra

φ 4 mm.	0,2	»
φ 11 mm.	0,6	»
φ 13 mm.	3,3	»
φ 21 mm.	5	»
φ 10 mm.	0 5	»
φ 13 mm.	0,1	»
φ 16 mm.	0,1	»
φ 2 mm.	0,1	»
φ 2,2 mm.	0,1	»

Acero VIV Naval

φ 5 mm.	0,2	»
φ 11 mm.	1,2	»
φ 5 mm.	3,6	»

Acero N Naval

φ 8 mm.	1,6	»

Perfil

φ SW 8 mm.	0,3	»
φ SW 14 mm.	3,5	»
φ SW 20 mm.	1,5	»

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Bronce

Barra

ϕ 3 mm.	0,1	Kgs.

Plancha

1 mm.	0,2	»

Monel

ϕ 17 × 2,5 mm.	2,9	»
ϕ 12 mm.	1,4	»

Varilla o barra aluminio y aleaciones ligeras

ϕ 0,6 mm.	0,1	»
ϕ 4 mm.	0,2	»
ϕ 6 mm.	3,7	»
ϕ 9 mm.	0,3	»
ϕ 10 mm.	1,6	»
ϕ 13 mm.	0,4	»
ϕ 14 mm.	0,9	»

Tubo

ϕ 10 × 1 mm.	0,1	»
ϕ 16 × 3,5 mm.	0,5	»
ϕ 75 × 2,3 mm.	3	»
ϕ 76 × 3 mm.	3	»

Plancha

0,15 mm.	0,1	»
0,3 mm.	0,3	»
0,5 mm.	0,4	»
0,5 mm.	0,1	»
1 mm.	1,6	»
1,5 mm.	2,5	»
2 mm.	0,6	»
2,5 mm.	6,5	»
4 mm.	0,1	»

Exagonal

SW 5	0,4	»
SW 12	1,1	»
SW 17	1	»
SW 8	0,2	»
SW 10	2,1	»
SW 12	0,3	»
SW 17	1,4	»
SW 22	0,7	»

TORNILLERÍA, TUERCAS, REMACHES, ETC., NORMALIZADOS

Tornillos

Plata alemana

DIN 84 M 1,4 × 1,5 mm.	5	Kgs.
DIN 84 M 1,4 × 4 mm.	2	»

Acero F 4

DIN 87 M 2 × 5 mm.	8	»
DIN 87 M 2 × 6 mm.	2	»

Acero

DIN 88 M 2 × 4 mm.	4	»
DIN 933 M 3 × 6 mm.	3	»

Pasadores roscados

DIN 553 M 2 × 2 mm.	1	»
DIN 553 M 4 × 6 mm.	1	»

Tuercas

DIN 439 M 2 mm.	1	Kgs.
DIN 439 M 4 mm.	2	»
DIN 934 M 2 mm.	2	»
DIN 934 M 3 mm.	5	»
DIN 934 M 5 mm.	1	»
DIN 548 M 3 mm.	2	»

Pasadores

DIN 7 1 m. 6 × 4 mm.	1	»
DIN 7 1 m. 6 × 7 mm.	1	»
DIN 7 1,5 m. 6 × 5 mm.	1	»
DIN 7 2 m. 5 × 3 mm.	2	»
DIN 7 2 m. 6 × 5 mm.	4	»

Remaches

DIN 663 1,4 × 5 mm	4	»

Arandelas

DIN 433 3,2 mm.	1	»

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 ALIMENTADORES

DIVERSAS MATERIAS PRIMAS Y ELEMENTOS

PITOT

Lámina de mica	200	
Piezas aislantes	200	
Embalaje de cartón	100	
Cinta de cromo-níquel 0,5 × 0,05	65	
Cuentas refractarias	1	Kg.
Tubos refractarios	1	»
Plata para soldaduras	0,1	»

VENTURI

Fundición prensada

Material prensado	100	Kgs.
Ms. 58	100	»
Chapas de rótulo	100	
Embalajes de cartón	100	
Plata para soldaduras	0,2	Kgs.

Varilla o barra latón

PITOT

ϕ 6 mm. 58 % Cu.	1	»
ϕ 8 mm. 58 % Cu.	1,2	»
ϕ 15 mm. 58 % Cu.	11,3	»
ϕ 18 mm. 58 % Cu.	7	»

Tubo

ϕ 4 × 0,75 mm. 63 % Cu.	3,3	»
ϕ 7 × 0,3 mm. 63 % Cu.	0,8	»
ϕ 16 × 0,75 mm. 63 % Cu.	8	»

Plancha

1,25 mm. 63 % Cu.	6,4	»

VENTURI

Varilla o barra latón

ϕ 32 mm. 60 % Cu.	32,0	»
ϕ 36 mm. 60 % Cu.	58,8	»

Tubo

ϕ 12 × 1,5 mm. 50 % Cu.	11,6	»
ϕ 30 × 0,65 mm. 60 % Cu.	3,6	»

Plancha

0,5 mm. 63 % Cu.	3,4	»

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Varilla o barra aluminio y aleaciones ligeras

ϕ 12 mm. Al - Mg. 7	1,2 Kgs.

Exagonal

SW 17 Al - Mg - Si	3.3

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 TUBOS PITOT

Cobre

Barra.

ϕ 0,3 mm.	0,1 Kgs.
ϕ 0,8 mm.	0,1 »

TORNILLERÍA, TUERCAS, REMACHES, ETC., NORMALIZADOS

Pasadores roscados

Latón

DIN 438 M 4 × 4 mm.	4 Kgs.
DIN 551 M 2 × 2	4 »
DIN 553 M 2 × 3	4 »

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 TOBERAS VENTURI

Acero

Varilla o barra

ϕ 35 mm.	1,5 Kgs.

TORNILLERÍA, TUERCAS, REMACHES, ETC., NORMALIZADOS

Remaches

DIN 663 1 × 3 mm.	4 Kgs.
DIN 664 1 × 2,5 mm.	4 »

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 TACÓMETROS ELÉCTRICOS

Barra de latón duro aleación 60/40

ϕ 1 mm.	0,050 Kgs.
ϕ 2 mm.	1,375 »
ϕ 3 mm.	0,237 »
ϕ 3,5 mm.	0,875 »
ϕ 4 mm	1,750 »
ϕ 4,5 mm.	0,562 »
ϕ 5 mm.	2.125 »
ϕ 5,5 mm.	0,125 »
ϕ 6 mm.	1.375 »
ϕ 10,5 mm.	0,150 »
ϕ 0,65 mm.	0,012 »

Exagonal

2 mm. e/c.	0,125 »
5 mm e/c.	0,150 »
5,5 mm. e/c.	1,125 »

Cuadrado

5,5 mm. e/c.	1.870 »

Cinta de latón dura aleación 60/40

5 × 0,25 mm.	0,025 »
15 × 0,3 mm.	0,250 »
20 × 0,4 mm.	0,150 »
27 × 0,6 mm.	0,625 »
21 × 1,5 mm.	0,625 »
22 × 2 mm.	6,000 »
26 × 2 mm.	0,625 »

Hierro standard o F 2 calibrado

ϕ 1 mm.	0,050 Kgs.
ϕ 3 mm.	0.250 »

Acero plata

ϕ 1,25 mm.	0,125 »

Hierro magnético

ϕ 2,5 mm.	0,050 »
Perfil rectangular 15 × 2 mm.	0,250 »
Banda 49 × 0,5 mm.	0,610 »
Banda 49 × 0,9 mm.	0,125 »

Fleje acero F 6 brillante 1/2 duro

6 × 0,3 mm.	0,150 »
6 × 0,35 mm.	0,025 »

Dural tratado

ϕ 1,5 mm.	0,037 »
ϕ 6 mm.	0,750 »
ϕ 32 mm.	7,750 »

Aluminio

25 × 0,12 mm.	0,525 »
60 × 0,5 mm.	0,250 »
32 × 0,6 mm.	0,625 »

Dural tratado

26 × 0,04 mm.	0,003 »
20 × 0,5 mm.	0,250 »
30 × 0,5 mm.	0,250 »

Tubo

62 × 75 mm.	0,700 »

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 ALTERNADORES

Barra de latón duro aleación 60/40

ϕ 1 mm.	0,012 Kgs.
ϕ 2 mm.	0,370 »
ϕ 4 mm.	0,180 »
ϕ 5 mm.	0,258 »
ϕ 5,5 mm.	0,801 »
ϕ 6 mm.	0,054 »
ϕ 17 mm.	2,910 »
ϕ 21 mm.	4,680 »

Cuadrado

5,5 e/c.	0,418 »

Exagonal

5,5 e/c.	0,565 »

Cinta de latón dura aleación 60/40

38 × 0,5 mm.	0,760 »

Duraluminio tratado

ϕ 3,5 mm.	0,039 Kgs.
ϕ 2,5 mm.	0,157 »
ϕ 5,5 mm.	0,226 »
ϕ 18 mm.	0,372 »
ϕ 28 mm.	0,174 »
ϕ 32 mm.	9,250 »
ϕ 36 mm.	5,650 »

Banda de duraluminio recocido

9 × 0,3 mm.	0,025 »
26 × 0,3 mm.	0,063 »
100 × 1 mm.	4,350 »

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Hierro magnético

ϕ 36 mm.	5,000	Kgs.
ϕ 1 mm.	0.050	»

Banda de hierro magnético

76 × 0,5 mm.	2,330	»
76 × 1 mm.	3,580	»

Fleje de hierro brillante 1/2 duro

7 × 0,5 mm.	0,045	»

Hierro standard o F 2 calibrado

ϕ 3 mm.	0,063	»
ϕ 3,5 mm.	0,063	»
ϕ 4,5 mm.	0,123	»

Exagonal

5,8 e/c.	0,390	»

Acero F 6

ϕ 19 mm.	27	»

Fleje acero F 6 1/2 duro brillante

6 × 0,3 mm.	0,063	»

Fleje acero F 6 recocido brillante

25 × 1 mm.	0,063	»

Acero plata

ϕ 2 mm.	0,026	»
Aleación especial Cr. N. ϕ 21 mm.	1,300	»

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 TACÓMETROS

Barra de latón 60/40 calidad dura

ϕ 1 mm.	0,005	Kgs.
ϕ 1 mm	0,005	»
ϕ 2 mm.	0,704	»
ϕ 3,5 mm.	0,074	»
ϕ 4 mm.	0,082	»
ϕ 4,5 mm.	1,053	»
ϕ 5 mm.	0,720	»
ϕ 5,5 mm.	0,225	»
ϕ 6 mm.	0,145	»
ϕ 7 mm.	0,730	»
ϕ 7,5 mm.	1,610	»
ϕ 8 mm.	0,850	»
ϕ 9 mm.	0,433	»
ϕ 16 mm.	1,026	»
ϕ 32 mm.	6,160	»

Exagonal

5 e/c.	0,054	»

Cinta de latón dura aleación 60/40

9 × 0,4 mm.	0,055	»
30 × 1 mm	0,345	»
30 × 1,2 mm.	0,413	»
20 × 1,25 mm.	0,525	»
30 × 1,25 mm.	0,619	»
36 × 1,75 mm.	0,383	»
47 × 2 mm.	2,471	»
50 × 2 mm.	0,019	»
12 × 4 mm.	0,196	»

Tubos

11 × 0,4 mm.	0,061	»
16,5 × 1,5 mm.	0,313	»

Bronce fosforoso

0,55 × 0,1 mm.	0.010	Kgs.

Redondo de acero plata

ϕ 0,5 mm	0,017	»
ϕ 0,7 mm.	0,031	»
ϕ 1 mm.	0,064	»
ϕ 1,2 mm.	0,020	»
ϕ 1,5 mm.	0,050	»
ϕ 2 mm.	0,088	»
ϕ 2,5 mm.	0,048	»
ϕ 3 mm.	0,194	»
ϕ 3,5 mm.	0,235	»
ϕ 4 mm.	0,160	»
ϕ 4,5 mm.	0,425	»
ϕ 5 mm.	0,315	»
ϕ 6 mm.	2,963	»
ϕ 10 mm.	2,870	»
ϕ 13 mm.	1,100	»
ϕ 14,5 mm	1,343	»

Fleje de acero

6 × 0,2 mm.	0,011	»
7 × 0,2 mm.	0,030	»
14 × 0,3 mm.	0,216	»
2,5 × 0,4 mm.	0,280	»
8 × 0,5 mm.	0,034	»
12 × 0,7 mm.	0,129	»

Dural tratado

ϕ 35 mm.	7,750	»

Dural recocido, banda de

90 × 3 mm.	5.716	»

Aluminio

15 × 0,3 mm.	0,039	»
76 × 1 mm.	1,674	»

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 MANÓMETROS

Barra le latón 60/40 calidad dura

ϕ 1 mm.	0,011	Kgs.
ϕ 2 mm.	0,055	»
ϕ 3 mm.	0,930	»
ϕ 3,5 mm.	0,246	»
ϕ 5 mm.	0,388	»
ϕ 6,5 mm.	0,820	»
ϕ 9,5 mm.	1,387	»

Exagonal

17 e/c.	3,731	»

Cuadrado

3 e/c.	0,027	»

Banda latón 60/40 calidad dura

14 × 0,7 mm.	0,051	»
6 × 1 mm.	0,029	»
25 × 1 mm.	0,418	»
24 × 1,5 mm.	0,610	»
36 × 2 mm.	1,378	»
12 × 3,5 mm.	0,365	»

Barra de acero suave

ϕ 3,5 mm.	0,289	»
ϕ 5 mm.	0,230	»
ϕ 5,5 mm.	0,330	»
ϕ 6 mm.	0,418	»

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Latón similor 80/20

1 Kg. de perfil tubo bourdon

Bronce fosforoso

0,55 × 0,05 mm. ... 0,061 Kgs.

Banda aluminio

54 × 0,5 mm. ... 0,430 »
44 × 0,5 mm. ... 0,285 »

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 INDICADORES NIVEL COMBUSTIBLE

Barra latón 60/40, calidad dura

ϕ 2 mm. ... 0,03 Kgs.
ϕ 3 mm. ... 0,17 »
ϕ 4 mm. ... 0,25 »
ϕ 4,5 mm. ... 0,10 »
ϕ 6 mm. ... 0,06 »

Cuadrado

4 mm. ... 2,00 »

Banda latón dura

5 × 0,25 mm. ... 0,026 »
8 × 0,3 mm. ... 0,060 »

Recocido

65 × 0,3 mm. ... 1,500 »

Cobre

ϕ 0,2 mm. ... 0,00062 »
ϕ 0,5 mm. ... 0,013 »
ϕ 0,8 mm. ... 0,05 »

Barra duraluminio tratado

ϕ 2 mm. ... 0,046 »
ϕ 3 mm. ... 0,06 »
ϕ 5 mm. ... 0,065 »
ϕ 5,5 mm. ... 0,500 »
ϕ 6 mm. ... 0,150 »

Banda duraluminio recocido

25 × 0,04 ... 0,0018 »
6 × 0,25 ... 0,0055 »
9 × 0,25 ... 0,026 »
30 × 1,6 ... 0,400 »

Chapa

0,1 mm. ... 0,0062 »

Hierro magnético

ϕ 4 mm. ... 0,05 »
ϕ 10 mm. ... 0,90 »

Chapas

0,6 mm. ... 1,22 »
0,6 mm. ... 0,553 »

Tubo

50 × 60 mm. ... 63,2 »

Hierro

Chapas

0,3 mm. ... 48,5 cm²
0,6 mm. ... 0,022 »

Hierro standard o F 2 Cal.

ϕ 1,5 mm. ... 0,013 Kgs.
ϕ 3 mm. ... 0,062 »
ϕ 4 mm. ... 0,672 »
ϕ 5,5 mm. ... 1,840 »

Fleje pulido acero 1/2 duro

10,25 × 0,5 mm. ... 0,800 »

Acero cuerda piano

ϕ 0,5 mm. ... 0,0023 »

Alambre

ϕ 1,5 m ... 0,253 »

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 AFORADORES NIVEL COMBUSTIBLE

Barra de latón aleación 60/40 calidad dura

ϕ 3 mm. ... 1,050 Kgs.
ϕ 3,50 mm. ... 1,340 »
ϕ 4 mm. ... 0,460 »
ϕ 4,5 mm. ... 0,500 »
ϕ 5,5 mm. ... 0,200 »
ϕ 6 mm. ... 2,000 »
ϕ 6,5 mm. ... 1,000 »

Cuadrado

4 e/c. ... 0,200 »
9 e/c. ... 7,000 »

Exagonal

6 e/c. ... 3,500 »

Chapa

8 × 0,3 mm. ... 0,850 »

Rectángulo

5 × 6,5 mm. ... 0,300 »

Banda rec.

115 × 0,2 mm. ... 6,000 »

Cobre

ϕ 8 mm. ... 13,2 mts.

Barra duraluminio tratado

ϕ 1 mm. ... 0,005 Kgs.
ϕ 2,5 mm. ... 0,080 »
ϕ 3 mm. ... 0,125 »
ϕ 4 mm. ... 0,795 »
ϕ 6 mm. ... 0,400 »

Cuadrado

6 e/c. ... 18,000 »

Banda duraluminio recocido

9 × 0,2 mm. ... 0,02 »
7 × 0,5 mm. ... 0,07 »
48 × 1,5 mm. ... 1,20 »
78 × 1,6 mm. ... 3,30 »
70 × 2 mm. ... 0,90 »
45 × 0,5 mm. ... 0,17 »

Dural tratado rectángulo

28 × 18 ... 4 »

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Dural tratado tubo

25 × 35 mm.	3,100 Kgs.
56 × 54 mm.	77,200 »
46 × 56 mm.	3,500 »

Hierro magnético

Chapa

3 mm.	0,014 m².

Hierro standard o F 2 calibrado.

φ 4 mm.	0,150 Kgs.
φ 6,5 mm.	1,500 »

Acero F 6

φ 8 mm.	0,350 »

Acero plata

φ 3 mm.	0,310 »

Acero cuerda piano

φ 0,1 mm.	0,0015 »
φ 1,2 mm.	0,06 »
φ 1,5 mm.	0,102 »

Acero SS

φ 9 mm.	0,750 »

MATERIALES NECESARIOS PARA 100 TERMÓMETROS DOBLES

Barra latón aleación 60/40 calidad dura

φ 1,5 mm.	0,013 Kgs.
φ 2 mm.	0,063 »
φ 3 mm.	0,018 »
φ 4 mm.	0,909 »
φ 5 mm.	1,128 »
φ 10 mm.	4,385 »
φ 15 mm.	14,759 »
φ 45 mm.	29,970 »

Cuadrado

4 e/c.	0,054 »

Banda latón 60/40 calidad dura

17 × 0,5 mm.	0,130 Kgs.
22 × 0,5 mm.	0,142 »
10 × 1 mm.	0,086 »
22 × 1 mm.	0,631 »
25 × 1,25 mm.	0,462 »
24 × 1,5 mm.	0,876 »
25 × 1,5 mm.	0,717 »

Bronce fosforoso

0,55 × 0,05 mm.	0,061 »

Latón similor 80/20

Perfil especial para tubo bourdon	2 »

Cobre

2 × 0,6	0,167 »

Tubo

1,45 × 0,60 mm.	0,013 »

Acero suave

φ 1 mm.	0,005 »
φ 2,5 mm.	0,087 »
φ 3 mm.	0,050 »
φ 4 mm.	0,363 »
φ 4,5 mm.	0,174 »

Fleje de acero

53 × 0,15 mm.	0,756 »

Fleje de acero extrasuave

3 × 0,2 mm.	16 »

Aluminio

29 × 0,25 mm.	2,650 »
50 × 0,5 mm.	0,360 »

Duraluminio

Exagonal

24 e/c.	4,450 »
22 e/c.	2,900 »

Abril, 1950.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 147.-Un nuevo tipo de electro-higrómetro para la determinación de humedades en áridos, harinas y otros productos vegetales

Autor: D. FRANCISCO RUVIRA SENENT
Ingeniero Industrial

I.—LA HUMEDAD EN LOS PRODUCTOS VEGETALES.—ESTUDIO CRÍTICO DE SU DETERMINACIÓN POR LOS MÉTODOS CLÁSICOS POR DESECACIÓN EN ESTUFA. ERRORES COMETIDOS EN LOS MISMOS

Es sobradamente conocido que la humedad de los productos vegetales es un concepto puramente convencional, si entendemos por tal la proporción de agua contenido en ellas, que se desprende calentándolos en determinadas condiciones.

Realmente el concepto exacto de humedad sería la cantidad de agua *físicamente* interpuesta entre sus tejidos, pero se comprende fácilmente que la determinación de la misma no puede realizarse con la misma exactitud con que se define, por la propia naturaleza de las substancias que constituyen los productos vegetales.

Los procedimientos de desecación, exactos en las materias inorgánicas, sólo son aplicables de un modo relativo en muchas substancias orgánicas y, por lo tanto, en los productos vegetales que integran.

La elevación de temperatura producirá un aumento de tensión de vapor en el agua físicamente interpuesta, pero si aquélla rebasa determinados valores iniciará la descomposición de diversos constituyentes, cuyo principal producto de descomposición es también el agua (el ejemplo más típico son los hidratos de carbono), por lo tanto, al calentar, la pérdida de peso no nos indicará únicamente el agua de interposición, sino que también conjuntamente aparecerá agua de *constitución*. Aún más, hay casos en que comienza a desprenderse esta última antes que la primera esté totalmente eliminada.

Teóricamente, operando a temperaturas bajas con buena renovación de aire seco, o al vacío, podría conseguirse la extracción única y total del agua de interposición, pero ello requeriría un tiempo inaceptable para fines técnicos.

Es sumamente importante la determinación rápida del porcentaje de humedad en determinados productos vegetales, especialmente granos y en sus derivados las harinas. Las razones son de carácter técnico y económico, es necesario conocer la humedad, porque la molturación y el ensilado exigen en ocasiones valores críticos para la misma, y, desde luego, «pagar agua por grano» es lógicamente inadmisible.

Como por otra parte la realización de operaciones de transformación, almacenaje o simplemente comerciales no admiten con frecuencia espera, de aquí la rapidez necesaria en la determinación de la humedad que apuntábamos en párrafos anteriores.

Por todo ello se prefiere operar de un modo convencional a temperaturas prudencialmente más bajas que las de descomposición de los constituyentes del grano.

El método clásico consiste en desecar en estufa alrededor de 100º hasta obtener peso constante en la muestra desecada. Un sencillo cálculo nos dará el porcentaje de humedad. Este método tiene el inconveniente de exigir bastante tiempo (del orden de varias horas), por lo que en general ha sido substituído por otros (normalizados para cada país), en los que, operando en forma análoga, se aumenta la temperatura fijándose el tiempo de desecación. Son datos corrientes 130º de temperatura durante una hora, 150º durante 20 minutos, etc.

Sin embargo, para alcanzar una uniformidad en los resultados es necesario fijar otras condiciones que pueden alterarlos.

Se comprende fácilmente que la desecación para una misma temperatura será mayor o más efectiva si existe una intensa circulación de aire seco.

Si se trata de productos triturados también influirá notablemente la finura de los mismos. Un mismo producto dará porcentaje de humedad mayor cuanto más finamente está triturado. Así mismo en nuestros ensayos de laboratorio hemos encontrado, operando en idénticas condiciones de temperatura y ventilación, diferencias en el porcentaje de humedad del orden del 2 % al variar el diámetro del recipiente en que se verificaba la desecación en un 50 %. De esta misma manera podrían encontrarse otros factores, que aunque en menor proporción pueden modificar el resultado del análisis.

En resumen, para la determinación de la humedad por desecación en estufa deberán *normalizarse* una serie de condiciones físicas para alcanzar uniformidad y concordancia en los resultados, lo que en muchas ocasiones no es posible por la rapidez con que se opera o por la falta de medios adecuados.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

No queremos terminar este capítulo sin indicar la existencia en la industria de estufas perfectamente estudiadas, en las que las pesadas, circulación de aire y demás operaciones, se realizan de un modo automático y, por lo tanto, uniforme. Sin embargo, dada su complejidad son difícilmente transportables y su precio no las hace adquiribles para cualquier laboratorio.

II.—MAGNITUDES ELÉCTRICAS DIRECTAMENTE RELACIONADAS CON LA HUMEDAD. CONDUCTIVIDAD CONSTANTE DIELÉCTRICA Y FACTOR DE POTENCIA. VARIABLES FÍSICAS RELACIONADAS CON LA CONSTANTE DIELÉCTRICA

Si se persigue una determinación rápida de la humedad es necesario recurrir a un procedimiento indirecto, es decir, a la medida de una magnitud física que sea función de aquéllas. No es difícil observar que con fines prácticos serán preferibles las eléctricas.

Existen tres magnitudes directamente relacionadas con la humedad, que son: Conductividad, constante dieléctrica y factor de potencia (como dieléctrico).

La conductividad en los productos vegetales es influída notablemente por la humedad, en primer lugar por la propia conductividad del agua y en segundo por la ionización a que da lugar al disolverse en ella algunos constituyentes ionizables, especialmente sales.

Sin embargo, el concepto de conductividad tan sencillo en las substancias homogéneas como los metales, aquí presenta carácter más complejo por tratarse en parte de un conductor de segunda clase (electrólito), al mismo tiempo que viene afectada notablemente por la compresión a que se halla sometida, o sea a su compacidad.

No obstante, existen métodos industriales para la determinación de la humedad basadas en la medida de la conductividad eléctrica. Al final de este trabajo se reseñan someramente.

Otra magnitud eléctrica estrechamente relacionada con la humedad en estos productos vegetales es la constante dieléctrica. Debemos observar que la de los constituyentes de los granos y harinas oscila entre 2 y 5, mientras que el valor de esta constante para el agua es aproximadamente de 80, dado el gran momento dipolar de sus moléculas. Se comprende fácilmente que por baja que sea la humedad de un producto, la pequeña proporción de agua hará aumentar notablemente la constante dieléctrica referida al producto seco, por lo tanto, la medida de esta última podrá indicarnos indirectamente aquéllas.

También existe otra magnitud relacionada con la humedad de un modo completamente semejante al anterior, que es el factor de potencia como dieléctrico, relativamente reducido en las substancias que integran los áridos y elevadísimo en el agua, por lo que su valor en aquellos productos húmedos será función casi exclusiva del porcentaje de humedad.

El aparato que nos propusimos proyectar está basado en la medición de la constante dieléctrica, ya que la medición de la conductividad nos parecía en principio poco segura y la medida del factor de potencia a igualdad de exactitud que para la constante dieléctrico hubiera exigido aparato más complicado.

La constante dieléctrica viene afectada por otras variables físicas, como son la temperatura, lo que puede comprobarse fácilmente en la fórmula de CLAUSIUS-MOSSOTI, que expresa el valor del momento dipolar molecular, del que a su vez depende aquélla.

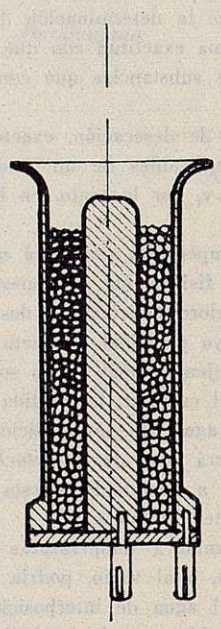
También afecta a la medida de dicha constante el grado de compacidad para una misma substancia húmeda, o sea, en cierto modo la densidad aparente. Como se verá más adelante esta influencia de la temperatura y compacidad da lugar a los factores de corrección que más adelante se reseñan.

III.—EL ELECTRO-HIGRÓMETRO. MEDICIÓN DE CAPACIDADES POR RESONANCIA. ESTABILIZACIÓN FRENTE A LAS VARIACIONES DE TENSIÓN. SENSIBILIDAD. ERRORES.

Sentada ya la base física de nuestro electro-higrómetro a continuación describimos su teoría.

Si consideramos un condensador eléctrico, entre cuyas láminas se coloca una determinada substancia, es evidente que su capacidad será función lineal de la constante dieléctrica de aquélla; por lo tanto, el problema se reduce a la medición de una capacidad. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que al tratarse con frecuencia de la medida de productos en grano, deben distanciarse suficientemente las láminas del condensador, con el fin de que aquéllos puedan repartirse entre los electrodos de un modo homogéneo, por lo que para no obstener dimensiones exageradas, la capacidad del condensador deberá ser muy pequeña.

En la figura se indica la forma práctica de estos condensadores, habiéndose proyectado cilíndricos para facilitar su llenado del producto en cuestión, al mismo tiempo que con esta disposición, al conectar el cilindro exterior a tierra, se consigue evitar toda perturbación por la proximidad de otros objetos o del propio operador.



Tratándose de determinar, pues, capacidades pequeñas para

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

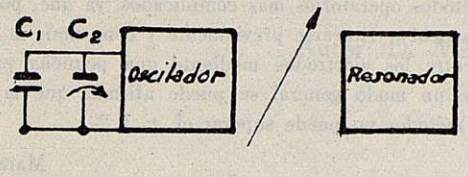
que el método sea realmente eficiente, debe reunir las siguientes condiciones:

1.ª Poder utilizar cualquier fuente de alimentación.

2.ª Hacer el sistema de medida independiente de las variaciones de tensión de aquella fuente.

3.ª Que en el sistema de medida actúen únicamente la constante dieléctrica y no la conductividad y factor de potencia, o por lo menos en un orden muy pequeño.

Por lo anteriormente expuesto nos inclinamos a escoger el método de medida de capacidades por resonancia, que en síntesis consiste en un circuito oscilador y un circuito resonador débilmente acoplado.



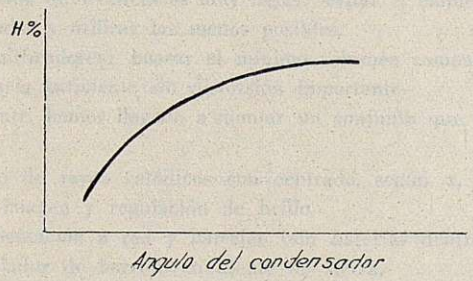
Al primero se conecta en paralelo dos condensadores, aquel cuya capacidad debe medirse y otro de capacidad variable, cuyas láminas móviles son solidarias a una escala graduada.

Estando sintonizado el circuito resonador a una frecuencia fija, para obtener resonancia, las capacidades a medir deberán ser compensadas algébricamente por el condensador variable en paralelo.

Este es el esquema, el electro-higrómetro ARIAME. Una cantidad determinada de la sustancia, cuya humedad desea medirse, se sitúa en el condensador C_1, variándose la capacidad de C_2 hasta conseguir la resonancia. De esta manera siendo $C_1 = f_1\ (c_2)$ como $C_2 = f_2\ (k)$ y $k = f_3$ (H), tendremos, en definitiva, $C_1 = \varphi$ (H).

O sea, que de los desplazamientos angulares del eje del condensador C_2 deduciremos, mediante la función φ (H), el valor de la humedad.

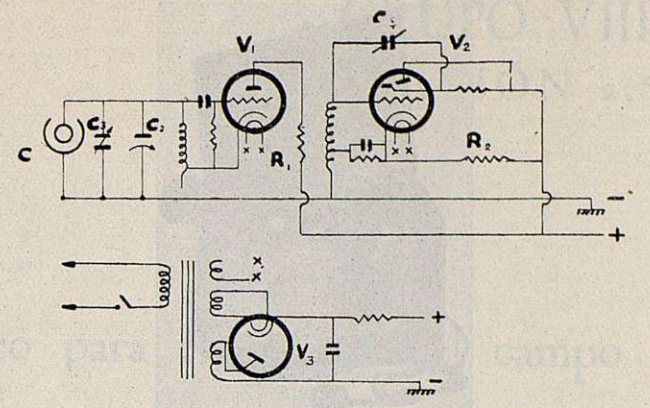
Sin embargo, es preferible obtener experimentalmente una curva como la que aparece en la figura.



El esquema práctico del electro-higrómetro es el siguiente:

El oscilador está constituído por un circuito Hartley con válvula triodo en el que, como se ha indicado anteriormente, C_1 es el condensador de medida; C_2, el condensador variable y C_3, el condensador de puesta a cero.

El resonador se compone de un indicador de rayos catódicos acoplado a un circuito resonante, elevando artificialmente su factor Q al aplicarle regeneración por cátodo. El sentido de



apertura de la sombra se invierte con el fin de localizar con mayor precisión el punto de resonancia, ya que en las proximidades de éste la curva característica presenta mayor pendiente. Lo que se consigue haciendo detectar por placa a la porción triodo del indicador.

La alimentación de las válvulas se realiza mediante un circuito rectificador, alimentado a su vez por C. A., pero puede igualmente prescindirse de él y sustituirlo por baterías.

Siendo la frecuencia del oscilador prácticamente independiente de las variaciones de tensión, así como de la conductividad y factor de potencia de la substancia, con ello quedan cumplidas las condiciones que anteriormente habíamos propuesto.

La única variación sensible con la tensión es la del punto de corte de la porción triodo del indicador de rayos catódicos, por lo que se ha adoptado una polarización semifija para la rejilla, consiguiéndose su mayor sensibilidad, aunque existan variaciones notables en la tensión de alimentación.

De esta manera el aparato diferencia perfectamente variaciones de capacidad de 0,1 cms., o sea, que la sensibilidad del aparato para la humedad, operando con muestras de 35 gramos de grano o de harina es del orden de ± 0,2 %. No obstante, existen posibilidades de error, producidas principalmente al repartirse de un modo desigual el producto en el espacio del condensador, que reducen la exactitud del aparato a ± 0,5 %, desde luego sobrada para fines industriales y comerciales.

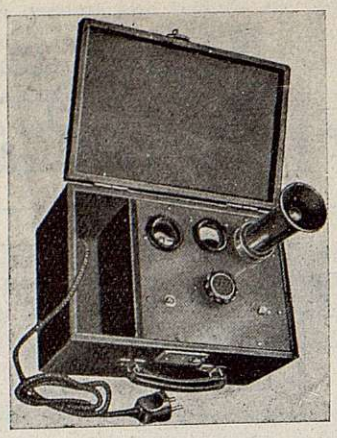
IV.—APLICACIONES INDUSTRIALES. ESTUDIO COMPARATIVO CON OTROS PROCEDIMIENTOS ELÉCTRICOS.

IV.—La figura muestra un aparato de tipo industrial para la medida de humedades en cereales y harinas.

En él pueden apreciarse la disposición práctica de los elementos que hemos ido describiendo, operándose del modo siguiente:

Se colocan en el condensador, situado en el ángulo superior derecho, 35 gramos del grano, cuya humedad debe medirse, y puesto a cero el aparato se gira el botón central hasta que la sombra del indicador de rayos catódicos (ángulo superior izquierdo) se abre. La lectura efectuada en la mirilla central sobre una escala empírica se transforma en una tabla en el porcentaje de humedad correspondiente.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO



Para harinas, el proceso es idéntico, exceptuando que el producto colocado en el condensador se comprime con un pistón hasta alcanzar un volumen constante.

El tiempo invertido en cada medida es del orden de 15 segundos, por lo que el aparato resulta eficiente de un modo especial en casos de urgencia y para determinaciones en serie.

En las tablas de conversión se incluyen dos coeficientes: uno, de corrección para la temperatura, que es del orden de 0,1 % por cada grado C, y otro, para la densidad, que depende de la especie del árido.

Como se indicó anteriormente existen otros métodos eléctricos para la determinación de la humedad. La mayor parte de ellos se basan en la medida de la conductividad, pero creemos que irán siendo desplazados, en general, por los que utilizan la medida de la constante dieléctrica, ya que la conductividad está íntimamente ligada con la compacidad, y referir ésta a condiciones normalizadas no es posible con exactitud. Aparte de esto exigen métodos operatorios más complicados, ya que, por ejemplo, los granos deben triturarse previamente y comprimir la harina resultante entre los electrodos mediante una pequeña prensa adicional. De un modo general se puede afirmar que la exactitud con estos métodos no puede superar el ± 1 %.

Marzo, 1950.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 188.-Un oscilógrafo catódico para el trabajo del campo

Autor: D. MARINO FERNÁNDEZ BOLLO
Ingeniero de Caminos

I

La necesidad de un oscilógrafo portátil para trabajos de campo se hace sentir hoy día profundamente al irse extendiendo los métodos electrónicos de medida.

No existe, para muchos trabajos técnicos, instrumento tan útil como éste, tanto en el estudio de vibraciones como en deformaciones, presiones y otros problemas fundamentales en la Ingeniería.

Ante esta necesidad hemos proyectado, construído y empleado en numerosos trabajos un pequeño oscilógrafo para frecuencias audibles e infrasónicas, que creemos que puede ser también útil a muchos compañeros.

Los problemas que es preciso resolver para llegar a la construcción de un aparato de este tipo son los siguientes:

a) Tamaño del tubo de rayos catódicos.

b) Alimentación a la red, reducción en lo posible del tamaño y peso de todos los elementos de rectificación, filtro y aislamiento de alta tensión.

c) Alimentación a baterías. Reducir en lo posible la alta tensión.

d) Barrido de frecuencias muy bajas: evitar el empleo de válvulas grandes y utilizar las menos posibles.

e) Amplificadores: buscar el mínimo volumen compatible con una ganancia suficiente sin distorsión importante.

Finalmente, hemos llegado a montar un conjunto que comprende:

1. Tubo de rayos catódicos con centrado, según x, e y, enfoque de imagen y regulación de brillo.
2. Alimentación a red y baterías (sin baterías dentro).
3. Oscilador de barrido en diente de sierra.
4. Dispositivo para barrido con lente electrónica.
5. Amplificador vertical a placas.
6. Salidas amplificadas verticales independientes para medidas de potencia.
7. Amplificador horizontal.
8. Sincronismo interno, externo o suprimido en una caja.

Todo esto con dimensiones de 15. 27. 18 cms.

Analizaremos a continuación las características técnicas de los distintos circuitos.

II

TUBO CATÓDICO Y ALIMENTACIÓN

Para el tubo catódico se impone por sus dimensiones el Philips D. G. 7, que posee caracterísicas algo variables, según los tipos de las cuales se destacan las siguientes:

Longitud total	16 cms.
Diametro de pantalla	7 cms.
Zócalo	transcontinental
Tensión de ánodo	800 v máx.
Sensibilidad	0'2 mm/V.
Deflexión	Electrostática.

Resultan así incomparablemente superiores para este fin a cualquiera de los tipos americanos, que son mucho más largos para igual pantalla útil.

La alimentación por red se hace con un transformador único que posee 7 devanados independientes para filamentos (6 v., las válvulas amplificadoras y osciladoras y 4 v. el tubo) y altas tensiones.

El sistema de rectificación, en cascada, con dos rectificadoras A Z 41 (Rimlock), posee como filtros dos pequeños choques especiales con núcleo reducido y 4 condensadores de 12 μ F 500 v. (Bianchi), encerrados en cajas de press-pan perfectamente aisladas.

Para alimentación a baterías se utilizan dos pequeñas baterías de motocicleta y cuatro pilas secas Tudor de 120 v. La sensibilidad es, naturalmente, algo menor que unido a la red, pero las imágenes son muy puras. En total, es un volumen perfectamente transportable de 10 Kgs. de peso, que eventualmente, en caso de necesidad, se reduce a seis, utilizando pilas de tipo reducido.

III

OSCILADOR Y AMPLIFICADOR HORIZONTAL

Para el oscilador se ha utilizado con ligeras modificaciones el circuito transitrón clásico que describe la «Información» Philips, editada por la Sección de Electrónica de esta Sociedad, variando capacidades para obtener frecuencias más bajas y pro-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

porcionándolas de acuerdo con las indicaciones de la obra de O. S. Puckle «Sweep Generators» y el artículo de Brunetti (Cledo) «The transitron Oscillator» Proc. I. R. E. 1939. Se emplea un solo péntodo EF42 (Rimlock).

Las cuatro gamas de frecuencia llegan a unos 20.000 c/s., con regulación continua por otro mando adicional que actúa sobre la tensión de rejilla de la EF42.

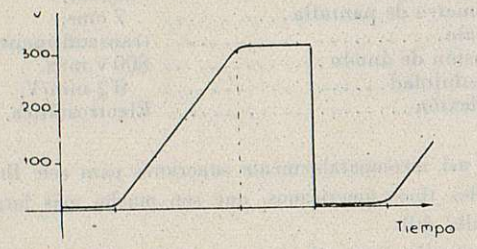
Se amplifica la señal con un triodo ECC40 (Rimlock) doble, con los dos pasos montados en cascada, estableciendo los divisores y la degeneración por realimentación precisa para lograr estabilidad y poca distorsión.

Una quinta posición del mando de frecuencias desconecta el oscilador y permite la amplificación de una señal exterior para el barrido.

Por otra parte, existe un atenuador para lograr una regulación de la amplitud de barrido, y cuando se utiliza con toda su resistencia, satura el segundo paso de la ECC40, obteniéndose un barrido como indica la característica de la fig. 1, con lo

Fig. 1

Tensión en placas horizontales con eje horizontal



cual, y un ligero defasaje entre la señal vertical y el barrido, se logra el examen sucesivo con amplitud triple o cuádruple, de la que se obtendría con el barrido ordinario.

Finalmente, una conexión que se puede establecer a voluntad, permite obtener un sincronismo bastante rígido, introduciendo una derivación de la señal de placa en la rejilla pantalla de la EF42.

IV

AMPLIFICADOR VERTICAL

La amplificación vertical se caracteriza por presentar dos salidas gemelas, una para el tubo de rayos catódicos y otra para conexión exterior a un medidor u otro dispositivo. Posee dos pasos, uno con EF42 y otro con ECC40. Las dos mitades del doble triodo ECC40 van montadas en forma gemela y con la realimentación negativa precisa para obtener una característica plana de 5 a 10.000 c/s. La ganancia total permite una sensibilidad de 130 mV/cm. y puede reducirse con un atenuador adecuado.

Para señales fuertes a las que convenga alta impedancia se dispone de un atenuador a resistencias con impedancia total de 2 MΩ. La señal de sincronismo para el oscilador se obtiene de la sección medidora para evitar acoplos. Por último, también se dispone de una entrada de sincronismo externo muy útil para poder hacer coincidir el barrido con algún fenómeno.

V

DISPOSICIÓN CONSTRUCTIVA

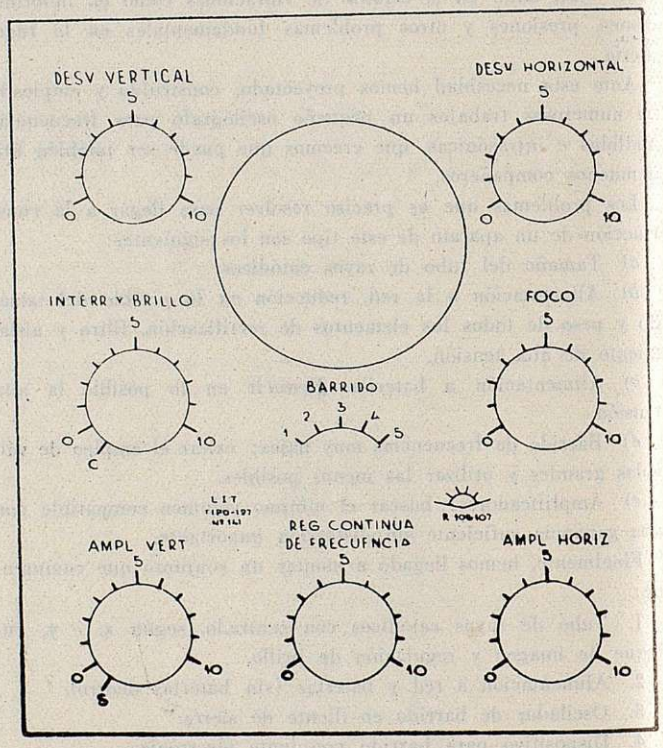
Inmediatamente detrás del tubo se coloca, separado por un blindaje de hierro magnético, el transformador y filtros.

Las seis válvulas (dos dobles) se sitúan sobre el chasis a ambos lados del tubo catódico, y debajo se agrupan los elementos sobre regletas de bakelita, de forma que queden en los dos laterales ambos amplificadores y en el centro el oscilador.

Esta disposición se refleja exteriormente en la distribución de mandos (fig. 2), que solamente son ocho, a pesar de la gran variedad de combinaciones que permiten para la utilización del aparato.

Fig 2

Frente del osciloscopio



Con el fin de lograr un acceso más fácil se han dispuesto las conexiones de cables en los costados en forma empotrada, lo cual permite el establecimiento de las mismas sin captación de parásitos por las bornas.

El cordón de red y tomas de tensión se sitúan en la parte trasera en una ventana adecuada.

Madrid, 10 mayo 1950.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 276. - La construcción del motor de aviación en España

Autor: ANTONIO NÚÑEZ RODRÍGUEZ
Ingeniero Aeronáutico

INTRODUCCIÓN

Trata este trabajo de la evolución del motor de aviación desde el punto de vista técnico e industrial, y lo hemos dividido en dos partes: En la primera, que consideramos como preámbulo, se examina ligeramente la evolución del motor de aviación en el extranjero, y es, en realidad, recopilación de datos recogidos de libros y revistas extranjeras.

En la segunda se examina la evolución e industrialización en España y las posibilidades para conseguirlo.

El motor de émbolo se emplea en aviación desde principios de siglo, y sin su evolución no sería posible el vuelo; con él se ha resuelto el problema de la aviación militar y comercial; estos motores permiten volar diariamente a miles de aviones en todos los cielos, cruzando continentes y mares y transportando rápidamente a personas y mercancías a grandes distancias.

En las dos últimas guerras, los motores de émbolo permitieron llevar a cabo misiones de guerra de las más variadas y extraordinarias, e indudablemente influyeron enormemente en la victoria; puede decirse que la derrota del Japón, primeramente, y de Alemania, después, fué debida casi exclusivamente a la superioridad de la aviación aliada, sobre la de sus enemigos. En Inglaterra, el motor «Merlin», de la Casa Rolls Royce, es denominado el motor de la «Victoria» o de la «Batalla de Inglaterra».

Hasta fecha reciente, a muchos les parecía que la ingeniería se hallaba bastante bien consolidada. Muchos técnicos creían que los adelantos en las formas principales de las máquinas serían únicamente cuestión de refinamiento de detalles, y que las técnicas de las aplicaciones de la energía estaban resueltas cumplidamente.

La ingeniería de los aparatos, a menudo, engaña. Todos los tipos de máquina experimentan estancamientos en su desarrollo. Durante varios años, determinado tipo de máquina motriz parece estar relativamente estático. Puede parecer que su perfección ha llegado al máximo y, como consecuencia, que las posibilidades de esa fase de la ingeniería están limitadas, pero casi sin excepción, los tipos consolidados y, al parecer, resueltos de ciertas máquinas, se elevan a nuevas cumbres de excelencia. El motor de aviación es un buen ejemplo. Parecía haber llegado a una normalización definitiva. Durante muchos años no había destacado ningún perfeccionamiento sorprendente.

La obtención de combustibles de alto poder antidetonante, la calidad de los materiales, la perfección de los compresores, etcétera, permitieron aumentar la potencia producida por litro de cilindrada conservando el tamaño de los motores y reduciendo, a su vez, el peso por caballo producido.

No sólo existen adelantos periódicos importantes en la ingeniería ya consolidada, sino también crece la ciencia con la adición de nuevas ramas completas. El fin de la Guerra Mundial lleva esto a su culminación poniendo de manifiesto las novedades ocurridas durante los últimos años, algunas de ellas, sensacionales; proyectiles dirigidos, el radar y las técnicas correspondientes de frecuencias ultraaltas, la desintegración nuclear, el vuelo supersónico y los motores propulsores por reacción directa.

Los ingenieros se encuentran frente a responsabilidades cada vez mayores. El ingeniero ha de conocer más perfectamente los materiales y el proceso de fabricación. Las instrucciones han de ser más completas para convertir sus proyectos en productos en los organismos fabriles que dependen de ellos.

La aparición de la turbina de gas que los libros de texto trataban hace años como poco más que una curiosidad científica, ha alterado indudablemente el futuro del motor de pistón aplicado a la aviación, pero esto no quiere decir que este tipo de motor no siga empleándose, por mucho tiempo todavía, para ciertos fines y aplicaciones particulares. Su aplicación es de sumo interés para nuestro país, donde las distancias son relativamente cortas.

Hay opiniones diversas sobre el porvenir del motor de émbolo, pero muchas de estas opiniones son interesadas. El motor de turbina es actualmente construído por muchas empresas que nunca se dedicaron a la fabricación del motor de aviación. Aquéllas esperan para corto plazo la desaparición del motor de émbolo, lo contrario que los fabricantes de motores, que consideran que todavía tiene para muchos años.

El problema del motor de avión en nuestra patria está todavía sin resolver de manera eficaz, y es una de las causas principales del precario estado de nuestra aviación.

El hablar de la importancia del motor de avión, sea del tipo que sea, resultaría irrisorio; esta necesidad está al alcance de todo el mundo y, por eso, no insistimos en nuestro trabajo sobre el particular, pero para llegar a las consecuencias finales de este estudio consideramos conveniente hacer antes una exposición de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

lo que existe y de cómo se desenvuelve la industria de este motor en el extranjero y la ayuda que le presta el Estado, para pasar después a examinar lo que en España tenemos, su mejora, su aplicación y, sobre todo, su aprovechamiento, y cómo, a nuestro modesto juicio, podría llegarse desde un punto de vista particular y objetivo a una solución de problema tan complejo.

No nos guía otro interés al confeccionar este modesto trabajo que el puramente moral y espiritual de colaborar en la medida de nuestras fuerzas al *II Congreso de Ingeniería Nacional*, por lo que sólo aspiramos a conseguir la interior satisfacción de cumplir un deber profesional.

PRIMERA PARTE

I.—EVOLUCIÓN DEL MOTOR EN EL EXTRANJERO

Todo motor de aviación debe cumplir las exigencias de seguridad de funcionamiento y regularidad en cualquier circunstancia de utilización, economía de consumo, reducida sección frontal, ligereza respecto al desarrollo de su potencia, facilidad de instalación a bordo del avión, fácil entretenimiento, facilidad de puesta en marcha, larga vida, etc.

A los motores de aviación se los somete a unas pruebas de homologación muy duras y, básicamente, estas exigencias garantizan las condiciones generales que acabamos de indicar. Es su característica principal o particular, que los distingue de todas las demás formas de máquina motriz, la de que deben estar sometidos a rigurosa limitación del peso, aun cuando al mismo tiempo produzcan elevada potencia dentro de un pequeño volumen.

El desarrollo del avión y de su motor no permanecen nunca estáticos, sino que constantemente progresan con el fin de mejorar su rendimiento.

Un motor de aviación no muere hasta que su diseño básico no permite ninguna mejora de carácter práctico o económico en su rendimiento. Entonces deberá ser desechado y substituído por otro diseño totalmente nuevo y así comienza, una vez más, su proceso evolutivo.

El término «vida» es difícil de definir, debido a que, en cada período de revisión o de reacondicionamiento, el motor volverá a ser puesto en su primitivo estado de calidad mediante la substitución de sus elementos inútiles. En otras palabras, muchas de sus piezas pueden ser cambiadas en sucesivas revisiones, incluso el «cárter», en el cual, generalmente, va fijada la placa que indica el tipo y número del motor, o sea que, una vez repuesto un nuevo «cárter», se le transfiere el número que tenía el anterior, con lo que se impide que se pierda la identidad del motor durante su ulterior funcionamiento. Esto pone de manifiesto la dificultad de dar una definición real o práctica acerca de la vida de un motor.

Según estadísticas extranjeras sobre la duración de los motores utilizados en líneas aéreas, se han obtenido valores tan dispares que esta duración puede calcularse que oscila entre 3.000 y 12.000 horas antes de que el motor sea desechado. En el método de la AIR TRANSPORT ASSOCIATION OF AMERICA (A. T. A.) para el cálculo de los gastos de explotación en las líneas aéreas, utilizado por las empresas americanas, el período de amortización para los motores se fija en cuatro años, con un tiempo anual de funcionamiento de 3.000 horas. Se admite, por consiguiente, que la vida de un motor hoy en día es de 12.000 horas de marcha uniforme.

Algunos de los tipos de motores americanos de moderado rendimiento han estado en servicio en líneas aéreas más de diez años y han totalizado una duración de funcionamiento, por cada motor, que se eleva hasta las 20.000 horas.

Un motor de aviación bien conseguido funcionará, por lo menos, 750 horas y hasta 1.000, en el servicio de líneas aéreas, entre los períodos de revisión. En las turbinas de gas no se ha alcanzado hasta la fecha un funcionamiento continuo de 300 a 400 horas, y no está autorizado por los servicios oficiales pasar de 180 horas en los aviones militares.

Considerando la duración de los elementos principales de un motor de aviación, indicamos a continuación algunos datos:

Segmentos	períodos	de	vida	1.000	horas
Émbolos	»	»	»	1.500	»
Bielas	»	»	»	6.000	»
Cojinetes principales	»	»	»	1.000	»
Árbol de levas	»	»	»	3.000	»
Cigüeñal	»	»	»	12.000	»

En cuanto a los cilindros, el empleo del cromado poroso utilizado ya por la Pratt & Whitney, prolonga la vida de los cilindros evitando el rectificado y émbolos de sobre medida.

Estos números indican el alto grado de desarrollo que ha alcanzado el motor de avión.

Anteriormente a la Gran Guerra, cuando la aviación iniciaba sus comienzos, se produjeron cierto número de motores de diseño original en Francia, Inglaterra, Alemania y Austria. En España, la Hispano Suiza en Barcelona comenzó en 1911 a estudiar la aplicación de sus motores de automóviles a la aviación, y terminó el prototipo para fabricar en serie, en 1915, con un motor de 140 CV., y, más tarde, de 180 CV. Este motor fué construído en diferentes países, entre ellos, Inglaterra, donde se construyó en gran número, así como también en los Estados Unidos, y se hizo famoso por su excelente resultado en los dos últimos años de la Gran Guerra, contribuyendo en parte a decidir la solución bélica a favor de los aliados.

Posteriormente a la guerra 1914-18, desaparecieron algunas casas de motores de aviación, principalmente debido a razones económicas y a limitación de mercado en tiempo de paz. Otras, por el contrario, las más destacadas, continuaron mejorando extraordinariamente sus motores con un proceso evolutivo constante; Francia se quedó francamente rezagada y adquirió licencias extranjeras, mientras que, por el contrario, Inglaterra y Estados Unidos, con Alemania, se ponían en cabeza; aunque la última nación adquirió licencias americanas para motor radial y para algunos accesorios.

El caso más típico de evolución del motor de enfriamiento por líquido es el del motor «Merlin», de la casa inglesa Rolls-Royce. Ningún otro motor ha sufrido tantas modificaciones. Alcanza actualmente la notable cifra de 66,5 CV. por litro de cilindrada y un peso de 0,45 Kgs. por CV. Su compresión es de 6:1, pero está dotado de compresor de dos estados y dos velocidades que permite elevar la presión de admisión hasta 1.800 m/m. al régimen de 3.000 r. p. m. y mantenerla a 5.000 metros de altitud.

En los Estados Unidos, donde se había alcanzado un alto grado de perfeccionamiento en los motores radiales, no estaban a punto, cuando entraron en la guerra mundial, en lo referente a

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

motores enfriados por líquido. Sus motores Allison no daban el resultado apetecido, por lo que, rápidamente se tomó una solución muy americana. Corder Hull envió un avión a Inglaterra, el cual regresó con todos los planos de fabricación del motor «Merlin», con cuya licencia empiezan a fabricar la Packard Motor Car Company y la Ford Company. Aparatos «Mustang» fueron enviados a Inglaterra para adaptarles el motor «Merlin» en el Centro de experimentación de Hucknall de la Rolls Royce.

En 1944 habían construído entre Inglaterra y Norteamérica 150.000 motores «Merlin».

Reseñados estos datos, que consideramos interesantes, vamos a examinar el estado del motor de aviación desde el punto de vista industrial.

Recomendamos a los que se interesen por estas cuestiones la lectura de la conferencia «THE ART OF THE AVIATION ENGINE», pronunciada por el Comodoro del Aire inglés F. R. Bancks, Director de «The Associated Ethyl Company Ltd.», en la Asociación Francesa de Ingenieros Aeronáuticos, de reconocida autoridad técnica y financiera, y de la cual tomamos íntegramente algunos de los conceptos que vamos a exponer, y aunque esta conferencia data de 1948, conserva su actualidad, pues nada ha cambiado desde entonces; solamente se intensifica la «investigación práctica» o «desarrollo» (términos que considera sinónimos), que nunca se detiene en los países que poseen recursos para ello.

«... El motor de aviación representa un aspecto muy especializado de la ingeniería. Ahora insistiré en ello al decir que otras organizaciones, tales como las que fabrican turbinas de vapor o los grandes motores Diesel, no adquieren fácilmente una técnica ni una especialización tan diferentes. Por lo común, una empresa industrial, aun cuando disponga de personal capacitado y de técnicos idóneos, no podrá mezclar con buen éxito los dos tipos de ingeniería. Esto sería únicamente posible mediante una completa separación y la organización de una sección especial, dedicada por entero al diseño y construcción de los motores de aviación, pero aún así, casi se necesitarían dos años para obtener buenos resultados.

»Los constructores de automóviles pudieran resultar más capaces para aprender la técnica de los motores de aviación que aquellas otras empresas dedicadas a tipos de motores más pesados. Pero el «Shadow Group», que comprende las más importantes compañías de aviones de la Gran Bretaña, que efectuó una excelente labor durante la reciente guerra y fabricó muchos miles de motores de aviación, sería el primero en admitir que su principal labor consistió en organizarse para la fabricación de un motor que había sido desarrollado por la casa que primero lo construyó; pero no intentaría disponer del conocimiento necesario para permitirle proyectar y desarrollar el motor antes de iniciar la producción.

»Ya he mencionado que, si una nación aspira a poseer una próspera industria de motores de avión, deberá estar dispuesta a prestar su apoyo de manera práctica. Pero también es necesario que se formulen requisitos técnicos avanzados si han de conseguirse motores de gran calidad.

»No nos damos cuenta generalmente de cuán pocas compañías de motores de aviación existen en actividad en todo el mundo actualmente. El número total de casas que fabrican motores de alta eficiencia, escasamente excede de quince, incluyendo a Rusia, Alemania y Japón. En la actualidad, en cualquiera de los países que se jactan de poseer una industria de aviación, sólo hay dos o tres fabricantes de motores que reciban pedidos de fabricación, aparte de la labor de desarrollo subvencionada por el Estado. En las condiciones actuales de la aviación mundial, si todas estas quince casas estuviesen fabricando a pleno rendimiento, podrían producir más motores que los que posiblemente se requiriesen para los fines civiles y militares en tiempo de paz.

»El factor más importante en la construcción de motores de aviación es el de tener en cuenta el transcurso del tiempo. De poco valdrá disponer de un proyecto muy superior si los subsiguientes desarrollos del motor se efectúan lentamente. Se han dado muchos casos en los que un motor de diseño muy prometedor no ha hallado un mercado, debido a que otro motor ha sido desarrollado más rápidamente. Así, pues, no puede dejar de insistirse en la importancia que en esta industria tiene el factor tiempo.

»Una empresa de motores de aviación debiera estar dirigida por ingenieros experimentados, de preferencia, por aquellos que han pasado por las diversas secciones y actividades y que posean cierta capacidad administrativa y un recto juicio técnico.

»Asimismo, cuando los asuntos no marchan bien, debido a incapacidad técnica, algunas compañías se han visto precisadas a someterse a la intervención directa de banqueros y contadores. Cuando esto ocurra, todo está perdido. Tanto los banqueros como los contadores son necesarios para la creación y desenvolvimiento de cualquier organización, pero, a menos que se trate de personas muy comprensivas (lo que no es corriente, debido a que desconocen los asuntos de ingeniería), pueden arruinar a una empresa mucho más rápidamente que cualquier ingeniero, si es que interfieren con los planes técnicos. En lo pasado, han sido buenos patronizadores y cooperadores de la industria aeronáutica, pero, por lo general, no son los mejores dirigentes.

»La industria del motor de avión es única, en cuanto florece principalmente como resultado del apoyo oficial. A diferencia del tradicional negocio de armamentos, la industria de motores de aviación encuentra una aplicación útil en tiempo de paz, pero goza del apoyo oficial debido a las posibilidades militares que ofrece el aeroplano.

»La manifestación más elevada del arte de ingeniería está representada por la fabricación del motor de aviación, pero para conseguirlo no es suficiente la capacidad y buena voluntad de los ingenieros; es preciso, a su vez, contar con auxilios técnicos y científicos...»

La mayor parte de la investigación que se lleve a cabo en la industria tiene carácter de aplicada u objetiva, donde el factor tiempo y aplicación práctica tienen excepcional importancia; por el contrario, la investigación pura no se halla restringida por el tiempo ni necesariamente sus resultados han de encontrar aplicación práctica.

A título de información indicamos en los cuadros 1, 2, 3 y 4 el desarrollo experimentado en los motores de las principales firmas norteamericanas e inglesas en los últimos quince años.

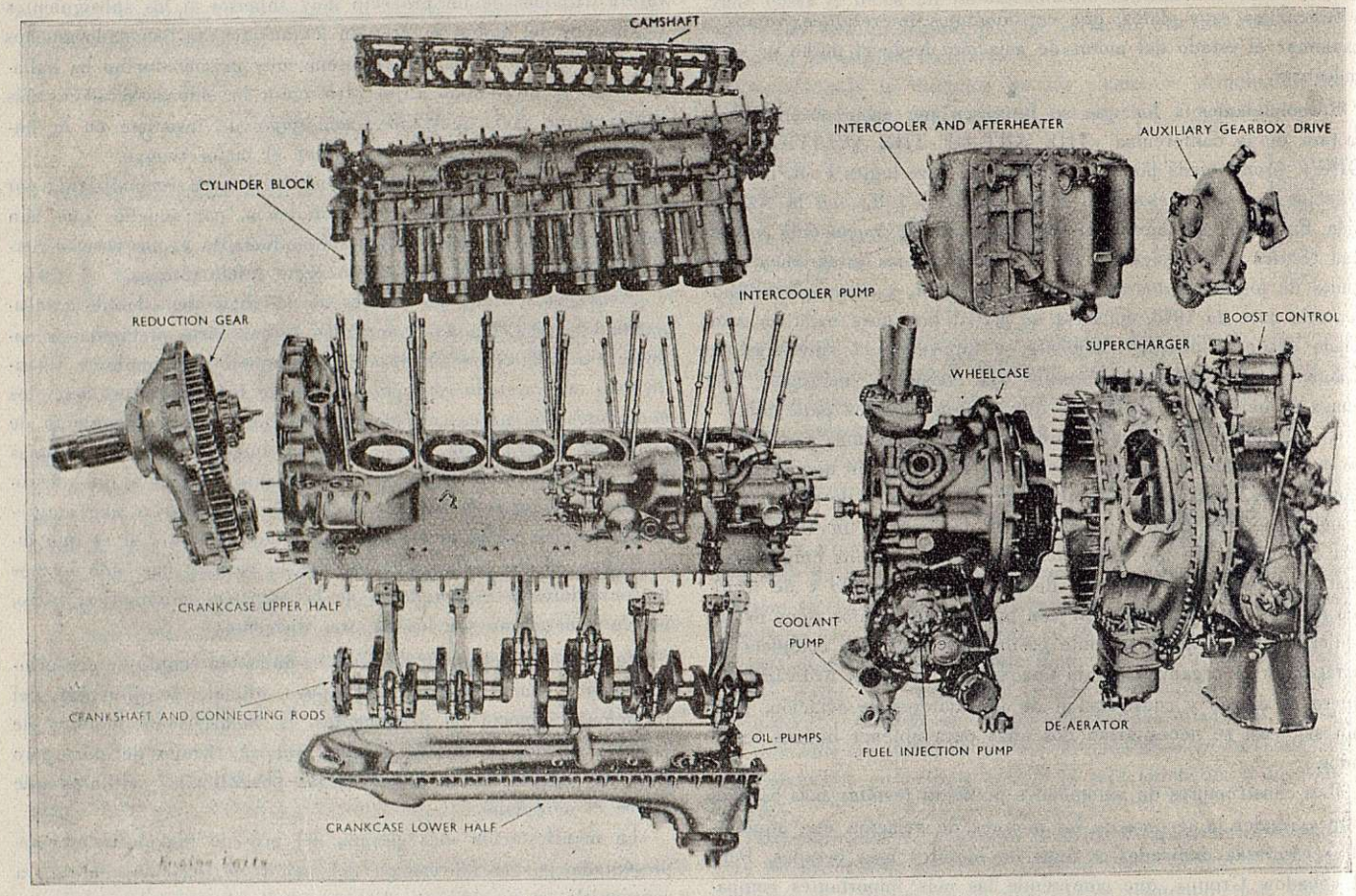
Para ahorrarse muchas y valiosas horas de ensayos y tanteos, es de la mayor importancia para que el diseño básico de un motor sea acertado disponer de un personal técnico entusiasta y enérgico que cuente con los medios necesarios para las pruebas, unidos a un departamento adecuado de fabricación, única manera de vencer las deficiencias que inevitablemente se presentan en el caso de un nuevo motor.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

El proyectista estará siempre en contacto directo con las secciones de fabricación y de experimentación, informándose constantemente de todos los resultados de la labor experimental, buenos éxitos y contratiempos y en íntimo contacto con el departamento de fabricación durante las primeras fases del diseño del motor, y debe atender a la opinión de sus ingenieros en lo que concierne a la producción práctica y económica del motor.

A menudo surgen dificultades de fabricación y hasta de funcionamiento por falta de la debida coordinación entre uno y otro personal.

Las grandes empresas de motores disponen de un taller experimental que produce los motores prototipos de capacidad relativamente pequeña en proporción con los talleres de producción en serie, y que permiten montar y desmontar un motor rápidamente y cambiar cualquier pieza necesaria para evitar retrasos, pues resulta desmoralizador para el personal experimental dete-



Despiece en grupos de un motor "Merlin".

NUMERO 1

DESARROLLO DE LOS MOTORES PRATT & WHITNEY

TIPO	«Wasp Junior» R-985	«Wasp» R-1.340	«Wasp» R-1.830	«Twin Wasp» R-2.000	«Twin Wasp» R-2.180	«Double Wasp» R-2800	«Wasp Major» R-4.360
Número de cilindros	9	9	14	14	14	18	28
Calibre en mm.	132	146	146	146	146	146	146
Carrera en mm.	132	146	140	140	152	152	152
Compresión	6,0:1	6,0:1	6,7:1	6,5:1	6,7:1	6,75:1	7,0:1
Cilindrada unitaria en lts. ...	1,8	2,44	2,14	2,34	2,55	2,55	2,55
Cilindrada en lts.	16,1	22	30	32,8	35,7	45,9	71,5
Peso en Kgs.	300	432	665	723	862	1.070	1.582
Potencia al despegue en CV. ...	450	600	1.200	1.450	1.800	2.400	3.000
Presión a la admisión en mm.	927	927	1.220	1.258	1.350	1.435	1.295
R. p. m.	2.300	2.250	2.700	2.700	2.800	2.800	2.400
Peso/CV. en Kgs.	0,66	0,72	0,55	0,50	0,48	0,45	0,53
CV/litro en CV.	27,9	27,2	40	44,3	50,4	52,3	42,00

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

NUMERO 2 — DESARROLLO DE LOS MOTORES WRIGHT - CYCLONE

TIPO	R. 1 820-F 50	7 R - 1 300	9 R - 1.820	14 R - 2.600	18 R - 3350 (BA)	18 R - 3 350 (BD)
Número de cilindros	9	7	9	14	18	18
Calibre en mm.	155,6	155	155	155	155	155
Carrera en mm.	174	160	175	160	160	160
Compresión	6,4:1	6,2:1	6,8:1	6,9:1	6,5:1	6,5:1
Cilindrada unitaria en lts. ...	3,32	3,10	3,32	3,05	3,05	3,05
Cilindrada en lts.	29,9	21,7	29,9	42,7	54,9	54,9
Peso en Kgs.	442	465	644	948	1.261	1.308
Potencia al despegue en CV.	800	800	1.525	1.900	2.200	2.800
Presión a la admisión en mm.	960	1.054	1.295	1.168	1.168	1.422
R. p. m.	2.200	2.600	2.800	2.800	2.800	2.800
Peso/CV. en Kgs.	0,55	0,58	0,42	0,50	0,58	0,47
CV/litro en CV.	26,7	37,6	51,1	44,5	40,1	51,0

NUMERO 3 — DESARROLLO DE LOS MOTORES BRISTOL

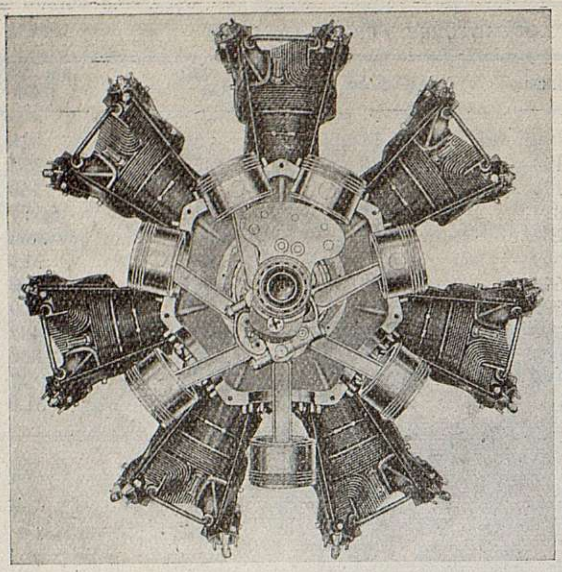
TIPO	«Perseus X» (año 1932)	«Hércules» 101 1936	«Hércules» 230	«Hércules» 763	«Centaurus» 57	«Centaurus» 130
Número de cilindros	9	14	14	14	18	18
Calibre en mm.	146	146	146	146	146	146
Carrera en mm.	165	165	165	165	178	178
Compresión	6,25:1	7,0:1	7,0:1	7,0:1	7,2:1	7,2:1
Cilindrada unitaria en lts. ...	2,75	2,75	2,75	2,75	3	3
Cilindrada en lts.	24,9	38,7	38,7	38,7	53,6	53,6
Peso en Kgs.	530	927	934	1.063	1.270	1.370
Potencia al despegue en CV.	750	1.675	2.000	2.100	2.825	3.000
Presión a la admisión en mm.	975	1.186	1.380	1.511	1.353	1.430
R. p. m.	2.800	2.800	2.800	2.900	2.700	2.700
Peso/CV. en Kgs.	0,700	0,52	0,45	0,49	0,45	0,46
CV/litro en CV.	30	46,5	55	56,3	53	56,2

En 1926 comenzó la Casa Bristol el estudio de sus motores sin válvulas; las pruebas en banco duraron 2.600 horas. El primer motor fué dibujado y construído en 1932.

NUMERO 4 — DESARROLLO DE LOS MOTORES ROLLS-ROYCE

TIPO	«Kestrel»	«Merlin I»	«Merlin» 500	«Merlin» 620	«Griffon» 57
Número de cilindros	12 en V	12 en V	12 en V	12 en V	12 en V
Calibre en mm.	127	137	137	137	152
Carrera en mm.	140	152-4	152	152	168
Compresión	6,0:1	6,0:1	6,0:1	6,0:1	6,0:1
Cilindrada unitaria en lts. ...	1,77	2,25	2,25	2,25	3
Cilindrada en lts.	21,25	27	27	27	36,7
Peso en Kgs.	434	630	698	789	916
Potencia al despegue en CV.	700	880	1.610	1.750	2.450
Presión a la admisión en mm.	880	0,	1.686	1.790	2.052
R. p. m.	2.240	3.000	3.000	3.000	3.000
Peso/CV. en Kgs.	0,62	0,74	0,42	0,44	0,37
CV/litro en CV.	33	32,6	60,7	66,5	66,7

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO



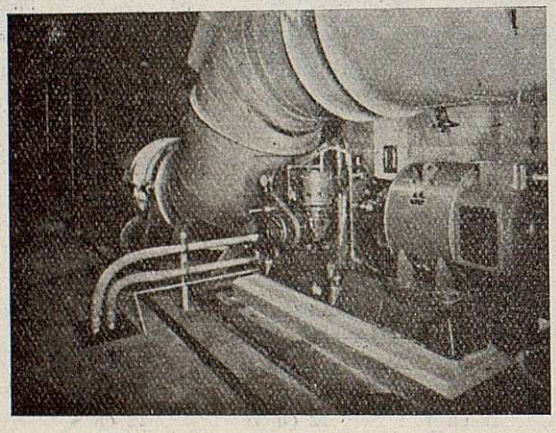
Motor "Pratt & Whitney" dos estrellas de 7 cilindros.

ner sus ensayos por falta de algún elemento que se necesite con urgencia.

Se puede juzgar la vitalidad de una empresa por el grado de actividad de sus bancos de prueba.

No es de esperar que algún motor de confección enteramente nueva, bien de émbolo, o bien de turbina de gas, invierta menos de cinco años en pasar desde su concepción original al comienzo de la fabricación en serie.

El empleo de dispositivos de prueba para el ensayo aislado de los elementos de un motor sirve de gran ayuda para abreviar tal período de tiempo.



Bancos de pruebas "Froude" con túnel de viento para motores radiales.

En la última guerra se proyectaron y construyeron prototipos de motores de reacción, y se les hizo funcionar seis meses después. Pero estos motores representaban la forma más sencilla del turbo-reactor.

La turbina de gas con compresor axil constituye un dispositivo mucho más complejo; el diseño incluye muchos más cálculos matemáticos, difíciles y laboriosos que los que se precisan para un motor de émbolo; los problemas termodinámicos y aerodinámicos de la turbina de gas exigen un cálculo mucho más delicado, y todavía está en período de puesta a punto.

Los accesorios de cualquier tipo de motor son probados por los fabricantes de motores para su debida adaptación. Para esto se precisa de una sección especial dedicada enteramente a esta necesidad.

Es práctica corriente someter aquellos accesorios, tales como bombas de inyección, magnetos, generadores, a pruebas de duración en dispositivos adecuados accionados por motores eléctricos que permiten asegurar la bondad de funcionamiento, así como para determinar en ellos ciertas características.

Los accesorios accionados por el mismo motor, cuyo objeto es el de hacer funcionar el equipo del avión, como compresores, generadores, bombas de combustible, de agua y aceite, así como sus circuitos de circulación, etc., además de ser ensayados aisladamente, se instalan en el motor para su ensayo en banco de pruebas, constituyendo lo que se llama «planta de potencia». Estas pruebas, que duran miles de horas para comprobar su verdadera duración, tanto del motor como de sus instalaciones y accesorios, se complementan con las pruebas en vuelo.

Sucede a veces que hay incompatibilidad entre un motor y un accesorio, aun cuando, independientemente, funcionen perfectamente, así como también puede suceder que el motor no dé su máximo rendimiento en un avión determinado.

La seguridad de funcionamiento de todo motor es tan buena cuanto sean buenos sus accesorios y transmisiones; es decir, cuando la «planta de potencia» esté bien lograda.

II.—COMPARACIÓN ENTRE LOS MOTORES DE REACCIÓN Y LOS DE ÉMBOLO, DESDE EL PUNTO DE VISTA CONSTRUCTIVO

Un motor no se puede construir fundándose sólo en la suposición de que pueda ser eventualmente utilizado. Por consiguiente, es muy importante que la casa constructora goce de la confianza del fabricante de aviones que habrá de decidir el motor de que se trate para su nuevo aparato. La complejidad de una moderna instalación de motor y la importancia de conseguir una forma «depurada» del avión exigen íntima relación técnica entre ambos fabricantes, además del tiempo necesario, si es que han de conseguirse buenos resultados.

Un motor exige mayor espacio de tiempo para su desarrollo y fabricación que un aeroplano, pero generalmente, un mismo motor sirve para muchos tipos de aeroplanos, y también es práctica corriente proyectar un avión equipado con un tipo de motor ya conocido.

En motores de émbolo existe la experiencia de muchos años de fabricación, pero en la actualidad deberá tenerse en cuenta la turbina de gas, si bien se ha fabricado hasta ahora relativamente la simple turbina de reacción, fundándose, principalmente, sobre una base de producción. Existen datos para juzgar acerca del coste y el tiempo necesarios para las turbinas de gas, más complicadas, particularmente la turbina propulsora con compresor.

El motor de reacción más sencillo, con turbina de un solo paso, con compresor centrífugo y con un empuje de 2.500 Kgs. al nivel del mar, requiere, en cuanto a horas de fabricación, algo menos que un motor en V, 12 cilindros refrigerado por líquido con po-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

tencia de despegue de 2.500 HP. En cambio, el precio por kilogramo es muy superior en la turbina.

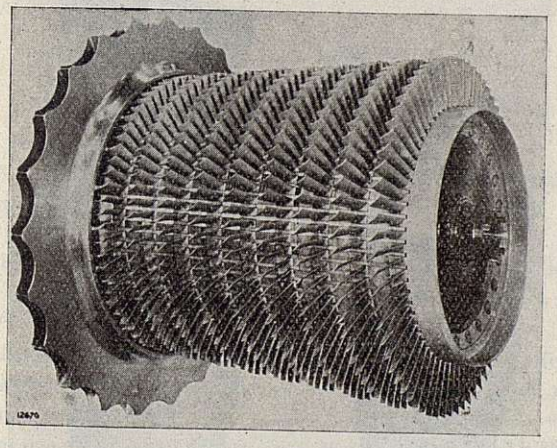
Ahora bien, si adoptamos como comparación el peso específico tomando como base la potencia y añadiendo al precio del motor el de la hélice, resulta interesante en lo que al coste específico se refiere. Pero la comparación no resulta muy exacta, ya que el rendimiento estático del turbo-reactor tiene poca importancia y debe siempre relacionarse con el rendimiento del avión. Por esto, es más exacto comparar ambos tipos tomando como base la tracción.

En el caso de turbo-hélice, la comparación es más sencilla de hacer; el precio del kg. es en este caso muy superior.

Las aleaciones especiales que se emplean en la construcción del motor de reacción elevan su precio, y es difícil de prever hasta qué punto disminuirá en el futuro, pues estas aleaciones están compuestas por elementos que escasearían si se produjeran en grandes cantidades los turbo-reactores. Se buscarán indudablemente otros materiales, y, si demuestran ser tan satisfactorios como los actuales, la competencia hará que se reduzca un tanto el precio del material.

El estudio de turbo-reactores y de turbo-hélices es costoso; exige instalaciones de pruebas importantes y un gran número de horas de funcionamiento antes de alcanzar el estado de fabricación en serie. Estos gastos de estudio tienen, por consiguiente, una repercusión muy sensible sobre el precio de los motores en serie.

Los costes de proyecto y fabricación de un prototipo de turbo-reactor con compresor axil resultan muy elevados. El número de palas entre compresor, estator y turbina, suele pasar de dos mil, y cada estado del compresor presenta álabes de diferentes tamaños y hasta de diversa forma.

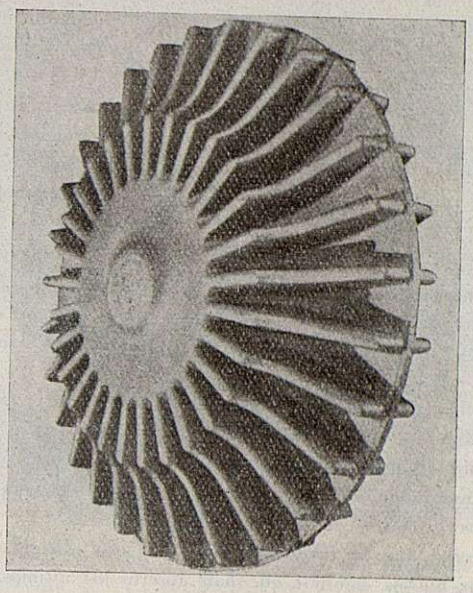


Compresor axil de 9 estados.

La extremada precisión que se requiere dificulta la reducción de gastos.

Actualmente se efectúan muchos ensayos y pruebas con compresores axiles, buscando un mayor conocimiento aerodinámico de los álabes, y, cuando puedan recogerse suficientes datos para proyectar un compresor que no requiera muchas alteraciones y se llegue a lograr un diseño óptimo, no está fuera de las posibilidades de los especialistas de fabricación el producir con toda precisión y en gran cantidad las paletas requeridas.

La función correspondiente al compresor puede ser mejorada por el aumento de la compresión, pero este aumento trae consigo una elevación importante de la temperatura a la salida, lo que impone un crecimiento paralelo de las características en caliente de las aleaciones empleadas.



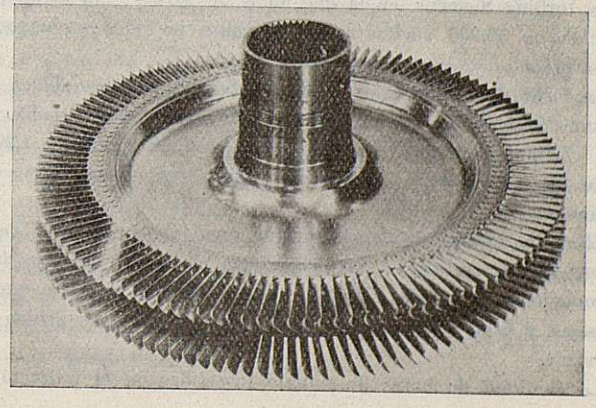
Compresor centrífugo de dos caras estampado.

El compresor axil de múltiples estados, si bien es de construcción mucho más complicada y costosa que el centrífugo, se presta mejor que este último a la elevación de la relación de compresión, utilizando en los estados finales aceros refractarios a estas temperaturas y, además, su sección frontal es más pequeña.

El elemento más delicado en los turbo-reactores es la turbina, y, en ella, los álabes; las cualidades que debe reunir el material para construirlas deben ser óptimas para resistir las temperaturas más elevadas.

En seis años de guerra la temperatura de los álabes pasó de 550° a 750°; actualmente el dominio del funcionamiento por encima de los 900°, a la cual comienza a producirse la deformación plástica, parece inaccesible a la metalurgia clásica.

El «Nimonic 80», que permitió aquellas elevaciones de temperatura, no es un acero; deriva de la aleación clásica níquel-cromo 80/20, con acertadas adiciones de otros metales.



FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Los álabes directores fijos están en contacto con los gases que salen de las cámaras de combustión a gran velocidad y a una temperatura próxima a los 900°; deben ofrecer gran resistencia a la oxidación, a las deformaciones, a la erosión y a la fluencia, y no se ha obtenido todavía una solución verdaderamente satisfactoria; actualmente se emplea en su fabricación el Vitallium (aleación del tipo stellita). El procedimiento de moldeo de «cera perdida», análogo al empleado por los antiguos fundidores del Arte, así como la calidad de la aleación del Vitallium hace que su precio sea elevado y muchos fabricantes empleen en su lugar el «Crown Maxi», que es un austenítico níquel-cromo-tungsteno.

La elevación de la temperatura en la turbina mejora el rendimiento, permitiendo un aumento en el empuje máximo al despegue.

Por ser de gran actualidad la investigación orientada hacia el empleo de materiales cerámicos, vamos a exponer ligeramente y a título informativo una idea de lo poco que sobre ello se conoce, pues a este respecto los laboratorios conservan sus adelantos en el mayor silencio.

Los alemanes emplearon álabes de turbina refrigerados, pero los problemas de construcción no eran fáciles de resolver, y lo que era posible admitir para una utilización instantánea o de muy corta duración, no lo es para una utilización comercial. Intentaron resolverlo con el empleo de álabes cerámicos.

Se concibe que la investigación actual está dirigida, en gran parte, por nuevos caminos que han abierto los últimos adelantos de la metalurgia, de los polvos metálicos y de la industria cerámica. Los trabajos iniciados por los alemanes al fin de la guerra, en el dominio de la cerámica y de los productos obtenidos por «fritaje», han servido como punto de partida para las investigaciones en curso, y, si los resultados alcanzados por ellos no fueron completos, constituyeron un gran progreso, pues si bien las turbinas que realizaron no llegaron a volar, funcionaron en condiciones que ninguna aleación metálica hubiera podido soportar.

Las porcelanas son frágiles, mecánicamente débiles y soportan mal los choques térmicos. En cambio, su poco peso específico conduce a esfuerzos centrífugos aproximadamente mitad del que soportan las aletas metálicas.

El empleo de carburos metálicos, tales como el carborundum en los compuestos refractarios, metales cerámicos o «ceramales», han permitido aumentar la resistencia al choque térmico.

En Alemania se realizaron dos tipos de turbinas: uno, con álabes directores y móviles enteramente refractarios, y otro con álabes fijos refractarios y móviles metálicos refrigerados por agua.

La turbina Siemens, en la que todos los álabes eran cerámicos, funcionó a 30.000 vueltas/minuto durante períodos prolongados, sin averías.

La turbina realizada por el doctor Schmit con los álabes del «stator» cerámicos y los del rotor metálicos, huecos, enfriados por una corriente de agua, funcionó durante algún tiempo a 1.200°.

En los dos casos las aletas refractarias eran obtenidas por vía cerámica.

Elevar el rendimiento en la turbina y en el compresor, es decir, elevar la temperatura en la turbina con el empleo de materiales apropiados y conseguir el compresor axil óptimo, es el fin que se persigue y hacia el cual parece orientarse el motor de turbina del porvenir.

La cantidad de horas de trabajo invertidas en el proyecto de fabricación de un motor de turbina con compresor axil es superior en un 10 a un 15 % más que los que se invierten para un motor de émbolo equivalente de 3.500 CV.

El coste de un motor de émbolo prototipo varía según su potencia y complejidad, y oscila entre las 3.000 y 4.000 ptas. por Kg. de estructura, sin tener en cuenta los gastos de las instalaciones necesarias.

Un motor de 1.800 CV., con un peso de 800 Kgs., costará aproximadamente unos 3.000.000 de ptas., siempre que sea a base de una capacidad de proyecto y una experimentación suficiente, contando con un taller y una fundición exclusivamente para fabricar prototipos, en un límite de dos años, desde el comienzo del proyecto hasta la consecución de un motor listo para su prueba. La experimentación de este motor considerando la hora experimental a 10.000 ptas., y tomando como base 1.000 horas, costará 10.000.000 de pesetas, lo que eleva el precio a 13.000.000. de pesetas.

Una sección de la oficina de proyectos diseñará previamente un elemento monocilindro a fin de probar el conjunto del émbolo y del cilindro, especialmente, si el nuevo motor ha de tener un cilindro diferente a los tipos anteriores.

Tratándose de un turbo-reactor o turbo-hélice, es la cámara de combustión la que se diseñará de modo de construirse rápidamente para estudiar sus características.

Una instalación para probar aisladamente el disco de la turbina a sobrevelocidad, es completamente necesaria. Una instalación más completa permite obtener el valor del rendimiento de la turbina completa con sus álabes, haciéndola girar por gas caliente.



Cámara de combustión.

Los compresores también son ensayados en instalaciones apropiadas para ello. Estas instalaciones son muy costosas; algunas de ellas alcanzan una potencia hasta de 25.000 CV.

La Casa Pratt & Whitney, en mayo de 1947, adquirió la licencia para la construcción del motor «Nene». En esta época construía este motor la Casa Rolls Royce, con una pequeña producción mensual. Según las exigencias americanas, la Pratt & Whit-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ney introdujo 1.000 modificaciones en los 1.100 planos que comprendía la licencia, y ha producido el primer motor serie «Turbo-Wasp» en diciembre de 1948, después de 1.700 horas de prueba en banco sobre el motor completo.

La Pratt S. Whitney invirtió en total 10 millones de dólares para la producción en serie.

Es muy importante disponer de adecuada capacidad en los bancos de prueba para motores, tanto de émbolo como de turbina, pues siempre se debe disponer de uno libre para un motor que necesite sufrir un ensayo especial y, por lo menos, de dos para las pruebas de duración.

Todos estos ensayos son completados con pruebas en vuelo en aviones polimotores o bancos de pruebas volantes. Se instala el turbo-reactor, bien en la nariz o cola de un avión polimotor, y así se cuenta con la seguridad que dan los motores de émbolo del propio avión.

El Comodoro Banks prevé de 2 a 3 millones de libras para el conjunto del estudio, comprendidas las instalaciones de pruebas y la fabricación de prototipos turbo-hélices de 6.000 a 7.000 CV. o de turbo-reactores con un empuje a punto fijo hasta 4.500 Kgs.

Un banco de pruebas de altitud para turbo-reactores con 7 Kgs/s. de gasto de aire a 11.000 metros y una temperatura de —60°, vale aproximadamente 300.000 libras (30.000.000 de ptas.).

A título de información reseñamos algunos precios de instalaciones de turbo-reactores construídos recientemente en los Estados Unidos.

El 40 % de los medios de que dispone el Organismo oficial National Advisory Committee for Aeronautics (N. A. C. A.), son consagrados a la investigación sobre los motores de aviación; además, los estudios sobre motores benefician igualmente las investigaciones efectuadas particularmente.

Los créditos concedidos a este solo Organismo han sido en los últimos años:

1947/48	43.450.000 dólares.
1948/49	37.800.000 »
1949/50	48.700.000 »

El N. A. C. A. dispone, por lo tanto, para 1949/50 de cerca de 20 millones de dólares únicamente para la investigación de motores de aviación.

El presupuesto de los Estados Unidos preveía para las investigaciones y desenvolvimiento de la aviación 454.805.000 dólares para 1949/50 (U. S. ARMY, US-NAVY, N. A. C. A., etc.), o sea más de 11.500 millones de pesetas.

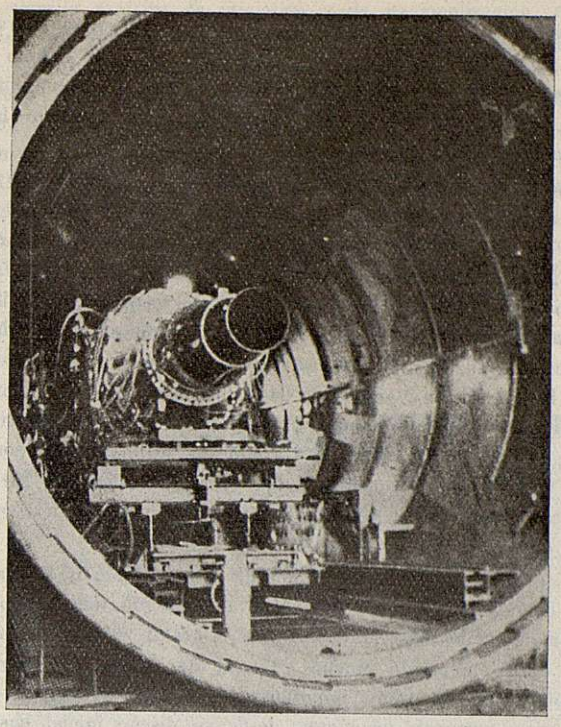
El banco de altitud N. A. C. A., en Cleveland (Ohío), dispone de dos cámaras, una de ellas de 3 m. de diámetro por 8,50 m. de longitud, y se pueden producir velocidades próximas a la sónica, con presiones correspondientes a una altura de vuelo de 15.000 metros y temperaturas hasta —45° C.

Los edificios para las investigaciones de motores cubren una superficie de 20.000 m².

Las instalaciones de la Wright Aero Labor han costado más de 3.500.000 dólares, y permiten estudiar los compresores, cámaras de combustibles y turbinas; la potencia que puede ser absorbida es de 20.000 CV.

Para las pruebas de compresores se dispone de motores de arrastre de 15.000 CV. Cuatro frenos eléctricos de 5.000 CV. cada uno sirven para medir la potencia de las turbinas.

La sala de comprobación es común y comprende un total de



Instalación de pruebas de altitud hasta 70° de temperatura a 15.000 mts.: de la B. M. W. transferida después de la guerra a los EE. UU. Los gastos de la instalación definitiva han costado 80 millones de pesetas.

200 manómetros de 4,50 m. de altura, y es posible efectuar 215 medidas en un banco.

La instalación de Westinghouse, que ha costado 5.000.000 de dólares, está equipada de bancos de pruebas para motores completos, compresores, cámaras de combustión, compresores y turbinas modelos, accesorios y de sobrevelocidad con gas caliente hasta 8 Kgs/cm² de presión y 980° C.

Para las instalaciones de la Packard, en Toledo (Ohío, Estados Unidos), se habían previsto 10.000.000 de dólares y disponen de un banco de pruebas para modelos de compresores para una velocidad de rotación de 30.000 vueltas por minuto, que necesita 800 CV. para un compresor de 300 mm.

La Casa Boeing dispone de un banco de pruebas para turbinas hasta un diámetro de 508 mm. accionadas por gas caliente hasta 950° C., y permitiendo una velocidad de rotación máxima de 100.000 vueltas por minuto. Una instalación fotográfica especial con lámpara de mercurio permite fotografiar al 1/5.000.000 de segundo las piezas que estallan.

Los gastos de estudio del turbo-reactor canadiense Avro «Chinock» con compresor axil de 14 escalones y con 1.175 Kgs. de empuje, comprendidas las instalaciones de pruebas, se han elevado a 3.000.000 de dólares.

La instalación de pruebas «Northrop» para el turbo-hélice de gran potencia «Turbodyne», cuya potencia está prevista de 10.000 CV., dispone de un banco equipado de instalaciones de medidas importantes atendida por 10 ingenieros, comporta 380 tomas de presión, 100 tomas de temperaturas y aparatos para medida de vibraciones. Las 380 medidas de presión pueden registrarse cada medio segundo.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

El equipo muy completo de este banco está orientado para reducir particularmente los gastos de estudio. Éstos se habían elevado en 1949 a 3.500.000 dólares, que representan, aproximadamente, el tercio de lo necesario para el estudio de un motor hasta su estado de fabricación en serie.

Aunque, indudablemente, los motores de turbina tienen su porvenir asegurado, se encuentran actualmente en un período evolutivo que seguramente nos guarda muchas sorpresas. A pesar de todo, aunque en Inglaterra se gastan enormes sumas en el desarrollo de la turbina de gas, conservan, sin embargo, a título de reserva, pero continuando su desarrollo, el motor de émbolo de potencia elevada. Estos motores, que son el Napier «Sabre» y el Rolls Royce «Eagle», ambos de 24 cilindros en «H», enfriamiento por aire, continúan funcionando en banco con fines experimentales. Las potencias alcanzadas según los últimos datos son de 3.350 y 3.500 CV., respectivamente, y sus potencias por litro de cilindrada son de 83 CV. y 77 CV., lo que constituye un «record» en el motor de émbolo.

La duración o vida de un motor de émbolo como tipo, por término medio, ha sido de más de diez años, y aún siguen empleándose motores de más de veinte años. Durante este lapso, su eficacia habrá mejorado mucho a causa de un desarrollo ininterrumpido. Esto es muy importante, ya que se precisan cinco años para conseguir un motor, desde su diseño inicial hasta el comienzo de su fabricación, y no resultaría económico proyectar y proceder al desarrollo de un motor enteramente nuevo cada vez que se necesitase un aumento en su rendimiento.

Esto también es aplicable al motor de turbina, si bien no es probable que ofrezca los mismos amplios porcentajes de aumento y de potencia que han sido característicos del motor de émbolo durante los últimos veinte años. El motor de turbina es virtualmente un motor de «plena admisión» y, por consiguiente, cuanto más se sepa acerca del compresor, la combustión y el comportamiento de la turbina, tanto mayor será la posibilidad de que el motor prototipo alcance la potencia deseada en su desarrollo, y tanto menor será la posibilidad de mucho aumento durante la vida del motor.

Si éste es el caso siempre se precisará una mayor variedad de tipos de motores de turbina en comparación con el motor de émbolo, el cual resulta muy flexible para adaptarse a las exigencias del avión. En todo caso el motor de reacción es menos flexible en este sentido, y, si el fabricante ha de producir gran variedad de tipos, los gastos aumentarán considerablemente y el reactor resultaría más caro, en consecuencia.

La turbina de gas se ha visto perjudicada en mayor grado que cualquier otro motor, a causa de una publicidad irresponsable y de los cambios de requisitos, debido en gran parte a la equivocada idea de que puede ser proyectada y desarrollada rápidamente.

Puesto que no existe medio de substituir las condiciones de funcionamiento en vuelo verdadero, y hasta que el motor de reacción, particularmente el turbo-hélice, haya funcionado miles de horas en el aire, es muy aventurado sentar firmes juicios acerca de sus posibilidades prácticas y de su economía de funcionamiento, en lo que respecta a la aviación comercial.

La industrialización del motor de aviación en España exige, por sus particularidades especiales, profundo estudio, tanto desde el punto de vista técnico como desde el económico, y que por su extensión lo examinaremos en una segunda parte de esta Memoria.

LIBROS Y REVISTAS CONSULTADAS

F. R. Banks: *The art of the aviation engine.*
A. W. Indge: *The testing of high speed internal.*
A. W. Indge: *Combustion engine.*
G. G. Smith: *Gas turbine jet propulsión.*
J. H. Sudeth: *Aircraft engine maintenance.*
J. Idston: *Aircraft engine design.*
M. Farleigh: *Principles and problems of aircraft engines.*
P. H. Wilkinson: *Aircraft engines of the Wordl's.*
Revista Flight.
Revista Interavia.
Revista Aircraft Production.
Revista Aircraft Enginering.
Revista Aeroplane.
Revista de Aeronáutica.
Boletines de Información Bristol.
Boletines de Información D'Havilland.
Boletines de Información Rolls Royce.
Boletines de Información Armtrong Siddeley.
Boletines de Información N. A. C. A.

SEGUNDA PARTE

I.—EL MOTOR DE AVIACIÓN EN ESPAÑA DESDE EL PUNTO DE VISTA INDUSTRIAL

El nacimiento de la fabricación del motor de aviación en España data de 1911. La Hispano Suiza, en Barcelona, comenzaba en esa época a estudiar la aplicación de sus motores de automóviles a la aviación, entonces naciente, y consiguió su primera realización a los cuatro años (1915) con su motor de 140 CV., cuya licencia fué adquirida por diferentes países. Después de la guerra europea la industria nacional languidece a causa de la invasión de material extranjero barato, consecuencia de la liquidación de depósitos, por el apremio de la guerra de Africa. Al cesar éste se estima la necesidad de crear una industria aeronáutica y comienzan a funcionar, además de la fábrica de aviones de la Hispano de Guadalajara, dos fábricas más de aviones, y a la Casa Elizalde se le encargan, en 1924, motores «Lorraine» de licencia extranjera. Esta misma casa comienza el estudio de motores prototipo y hace sus primeras pruebas en banco con su motor «Dragón» en el año 1934.

En el año 1926 se incluyen en el presupuesto 180 millones en Guerra y 80 en Marina para un plan extraordinario de diez años, con anualidades hasta de 30 millones la más elevada. En 1930 la industria estaba en plena vitalidad. Después de suprimir este plan extraordinario la industria aeronáutica vuelve a decaer, mientras que, por el contrario, en todos los países se incrementa en forma extraordinaria y, como consecuencia, la industria aeronáutica española queda rezagada, en especial la de motores, y son víctimas propicias las oficinas de estudio, los laboratorios y los talleres de prototipos.

Nuestro retraso industrial y técnico después de la guerra de liberación se hacía cada vez mayor; era necesario e inaplazable la formación de programas que, por modestos que fueran, comprendieran períodos que permitieran a las industrias organizarse y por esto después de aquélla, por Decreto de 26 de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

abril de 1940, se reglamenta el funcionamiento de las industrias aeronáuticas de acuerdo con la Ley de Jurisdicción Industrial Aérea del 9 de noviembre de 1939. En esta reglamentación se clasificaban las industrias aeronáuticas en tres grupos: básicas, accesorias y auxiliares, y se hacen extensivos a ellas los beneficios concedidos a las Industrias de Interés Nacional; el Estado puede tener participación en el capital, con el carácter de ayuda económica y de cooperación. Las industrias se obligaban, por su parte, a ceder al Estado las patentes de invención y licencias de fabricación mediante una compensación justipreciada. Se establece un programa de aviones de bombardeo, transporte, caza y avionetas y se crean dos empresas: una, para aviones de bombardeo, y otra, para aviones de combate. Este programa quedó cojo en lo referente a motores de gran potencia por escasez de medios y de recursos e imposibilidad de fabricarlos por falta de maquinaria, fundición apropiada, materias primas, etc.

El progreso de la fabricación de motores de aviación, debido en gran parte a la alta calidad de los materiales que en ellos se utilizan, principalmente, aceros y aleaciones ligeras, obliga a prestar a dichos materiales una atención preferente en el desarrollo de los programas. A medida que se avanzó en la ejecución de estos programas se pusieron de manifiesto serias dificultades, debidas a la calidad de los materiales nacionales originando perjuicios graves y costosos para el personal y el material.

En la concepción estructural de una construcción aeronáutica tal como es un motor, y en el proyecto de sus principales elementos, entra, como primordial factor, la consideración de los materiales que van a ser utilizados. Los dos aspectos que se examinan al elegir materiales de construcción motorística son los siguientes:

1.º Características físicas y mecánicas de los materiales en relación a las solicitudes que han de sufrir los elementos fabricados con ellos en el funcionamiento del motor.

2.º Posibilidad de obtención de las piezas con sus debidas características finales mediante tratamientos térmicos y mecánicos viables, y en general, mediante adecuados procesos de fabricación.

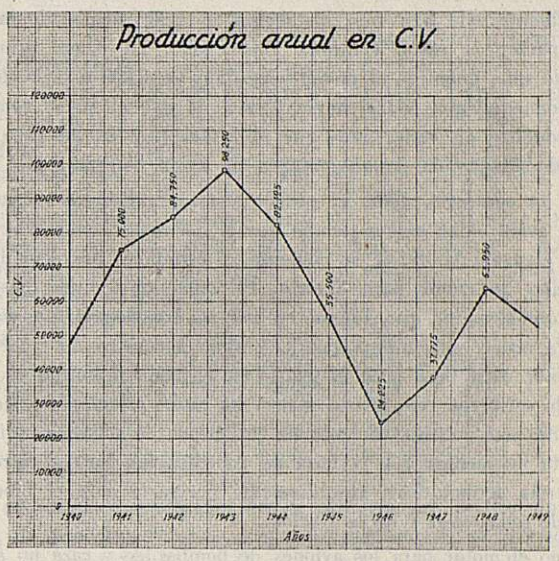
La ligereza y alta resistencia de los elementos de un motor solamente puede conseguirse con el empleo de aceros muy limpios y de elevadas características que hasta el presente no pueden suministrar las instalaciones siderúrgicas existentes. Se comprende que una producción de tan alta calidad, de no mucha cuantía y de tan gran variedad de medidas, no interesa desde el punto de vista económico a los establecimientos siderúrgicos nacionales, orientados a un mercado menos exigente.

Otra necesidad apremiante es la obtención de elementos forjados, estampados y moldeados, tales como cigüeñales, bielas, cilindros, «cárters», engranajes, válvulas y otras piezas.

Es necesario, si se quiere fabricar motores en buenas condiciones el disponer de un taller de fundición de aceros finos y un anejo de forja que pueda proporcionar los elementos forjados y estampados que precisan las industrias aeronáuticas de motores, aviones, hélices y armamento. Esto sería posible realizarlo con ayuda del Estado y una aportación en el capital de todas las industrias aeronáuticas interesadas.

No obstante, en estos últimos nueve años, la industria española del motor de aviación ha realizado un loable esfuerzo en medio de una penuria general, sin protección exterior alguna, pero sí con elevado espíritu de iniciativa y de nacionalización, carente de las más indispensables instalaciones, no ya de investigación, sino también para los ensayos más elementales, instrumentos de precisión e incluso hasta del combustible necesario lo que obligaba a largas y continuadas interrupciones en las pruebas.

En el gráfico indicamos la producción anual en CV. a partir de 1940; en él se observa que la producción máxima se alcanzó en el año 1943 con 98.250 CV. Corresponden aquellos CV. hasta 1944 a un motor de diseño extranjero y a partir de él comienzan a fabricarse un motor prototipo español, el «Tigre» 125 CV. El total de los caballos fabricados corresponde un 90 % al motor de diseño extranjero y el 10 % restante a motores de diseño español.



Otros caballos semiproducidos no los consignamos debido a que del motor no se ha obtenido ningún resultado útil desde el punto de vista práctico.

A pesar de todo lo anterior la capacidad de producción de motores es muy superior a la de las células. Aunque esto parezca una paradoja, la razón es muy sencilla: el número de horas de trabajo para un motor y una célula, suponiendo encauzado el trabajo en serie en ambos casos, es muy inferior para los primeros; para mayor claridad examinemos un ejemplo: Un avión metálico, bimotor, de 3.400 kilogramos de peso en vacío, necesita, en España, aproximadamente una media de 35.000 horas de trabajo en una serie de cien, teniendo en cuenta que la potencia que le corresponde es de 1.000 CV. (500 CV. por motor), se puede estimar como máximo por motor 3.000 horas de trabajo y suponiendo un 25 % de repuesto hace un total para dos motores y cuarto de 7.500 horas, es decir, aproximadamente un 21,5 % de las horas necesarias para la célula. Esto quiere decir que se produce más del cuádruple de motores y repuestos de los necesarios en el mismo tiempo.

Si tomamos como punto de comparación una avioneta, encontramos que el número de horas necesarias, según el tipo, varía de 5.500 a 7.000, mientras que el motor precisa 1.400 a 1.500, y, puesto que la modalidad de una avioneta-escuela necesita contar con un repuesto del 50 % entre motores y recambios, es decir, motor y medio por avioneta, obtenemos 2.250 horas como má-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ximo, lo que hace aproximadamente un 35 %, casi tres veces más de los motores y repuestos necesarios.

Hay que tener en cuenta también que como el número de células que se fabrican en serie es mucho menor que el de motores, en la producción de estos últimos se llega mucho más rápidamente al punto de estabilización en la curva de horas de trabajo.

Esto crea una grave dificultad en la fijación de un programa, porque sería necesario, para que una serie sea amplia y tenga rendimiento, o aumentar la producción de células, o bien, someterse a que el tipo de motor en fabricación sirva para distintos tipos de avión que se fabriquen al mismo tiempo; es decir, ir a una unificación de motor respecto a los aviones. Esto ha sucedido con una serie de 600 motores, y su repuesto (cuyo equivalente completa 800 motores en total) terminados el año 1945; actualmente sólo han sido instalados en avión menos de la tercera parte; el resto, continúa almacenado. La causa principal ha sido que, mientras el motor necesitaba de 6.000 a 6.500 horas, el avión empleaba 50.000 horas, aparte de que el motor comenzó a producirse en serie antes que el avión. Este es un caso más bien de adaptación de un motor a un avión determinado.

Por el contrario, como el proyecto y realización del prototipo de un avión exige menos tiempo que el del motor, cuando se proyectó el avión H. S. 42 se comenzó el estudio y proyecto de un prototipo de motor para dotarlo. El avión se terminó bastante antes que el motor, que, aunque realizó una homologación en banco, todavía no se encuentra a punto, y hubo necesidad de recurrir a un motor extranjero para instalarlo en el avión prototipo y continuar la serie con este mismo motor. La causa principal ha sido la falta de una política eficiente de prototipos de motores, unida a la falta de medios y a la falta de coordinación íntima entre las industrias aeronáuticas, absolutamente necesaria para el bien común de todas ellas y de la Nación.

Como el motor para los aviones de bombardeo y caza no se ha podido todavía fabricar en España, y tardará aún mucho tiempo en que esto ocurra, no se puede contar con las células que se producen de esta clase y, por lo tanto, hay que ir a buscar la solución en los aviones pequeños provistos de motores de pequeña y mediana potencia, y, como por el ejemplo expuesto más arriba, esto no daría rendimiento, es necesario ir a la producción conjunta, *en una misma fábrica*, de motores de pequeña y media potencia e ir paulatinamente a un *desarrollo* que tiene necesariamente que seguir de la mano de la industria aeronáutica de aviones; esto no es, ni más ni menos que lo que se denomina un *grupo industrial*. Una solución sería aumentar la producción de aviones de adiestramiento de pasajeros y de avionetas, pero esto tiene un límite, y creemos que en España será alcanzado en un próximo futuro; por esto, el programa inicial hay que someterlo a esta capacidad de producción.

En el extranjero, especialmente en Inglaterra, las fábricas de motores de elevada potencia no construyen motores pequeños, y viceversa.

La convivencia entre las industrias aeronáuticas es indispensable, así como íntima colaboración entre la Industria y los Organismos oficiales; es este caso, el Ministerio del Aire. Con este fin, por Decreto de 15 de diciembre de 1939 se creó el Consejo Asesor de Industrias Aeronáuticas, pero este Organismo no ha tenido vida, y casi podemos decir que no llegó a constituirse.

En visitas a muchas fábricas aeronáuticas extranjeras, en especial de motores, nos llamó mucho la atención que cualquiera de ellas se prestara espontáneamente a facilitarnos la visita de otras similares, incluso de su competencia.

Al igual que en otros países, el Estado se preocupó en España de crear un Organismo de investigación aeronáutica similar a los extranjeros, el Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica, con objeto de ayudar a las industrias en cualquier problema que pudiera presentárseles, y que necesite su experimentación. Pero este Organismo está muy lejos todavía de poseer un servicio de experimentación, como lo requieren los progresos actuales, y no por falta de capacidad de sus ingenieros, sino porque el progreso técnico de la aviación es consecuencia de una continua experimentación que no puede realizarse más que con recursos enormes, y que muchas veces no producen consecuencias inmediatas. El Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica carece de los recursos indispensables de todo orden, los cuales no deben escatimarse, y, aunque al problema de motores se dedicó especial atención, falta, como consecuencia de la guerra mundial, gran parte de las instalaciones previstas que quedaron bloqueadas.

Si comparamos las asignaciones concedidas para instalaciones de pruebas y ensayos, no llegaríamos al 0,5 % de lo invertido en otros Organismos similares extranjeros.

Ni siquiera cuenta el Instituto con un banco de pruebas para compresores de pequeña potencia, cuando la sobrealimentación es la que determina la existencia del motor genuino de aviación; en estas condiciones es inútil pensar de momento en el proyecto de un prototipo de motor de elevada potencia, y mucho menos en el de un turbo-propulsor superior a 1.000 CV., donde es absolutamente necesario una investigación práctica continua.

Ahora bien, el tiempo necesario para conseguir un motor desde su diseño inicial hasta el comienzo de su fabricación en serie es superior a cinco años, y no resulta económico proceder a proyectar y a desarrollar un motor enteramente nuevo cada vez que se necesitase un aumento de rendimiento. Por esta razón creemos que el camino que se debe seguir es mejorar los motores ya conocidos con ininterrumpido desarrollo mientras su eficacia resulta aprovechable.

II.—ANÁLISIS DEL POSIBLE DESARROLLO DE PROTOTIPOS ESPAÑOLES

En España poseemos actualmente dos motores de prototipos nacionales, proyectados y fabricados en la Casa Elizalde, S. A. Para su análisis desde el punto de vista de su utilidad, hagamos ligera comparación entre estos prototipos y otros similares extranjeros, sin entrar en demasiados detalles, y veamos las consecuencias que podemos sacar, en cuanto a un futuro desarrollo.

Los dos prototipos a que nos referimos, debidos a la Casa Elizalde, son: el «Tigre», de enfriamiento por aire y 4 cilindros de 125 ó 150 CV., y el «Sirio», radial, de 7 cilindros, con 500 CV. de potencia al despegue. El primero, de cilindrada unitaria normal e igual a la de casi todos los tipos de motores extranjeros semejantes, «Cirrus Major», «Regnier», «Renault», 4 P y 6 Q, y sólo se diferencia en 0,125 litros de la del «Havilland Gipsy».

Para hacer un estudio de las posibilidades del «Tigre» comparémoslo con los motores De Havilland, «Gipsy», plenamente garantizados hasta 1.000 horas sin revisión, y examinemos su evolución o desarrollo sucesivo, origen de las diferentes versio-

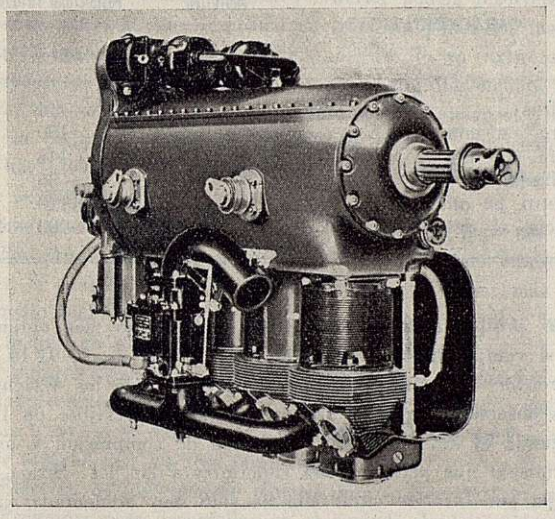
FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

nes, cuyas características más interesantes se consignan a continuación:

DESARROLLO DE LOS MOTORES DE HAVILLAND

CARACTERISTICAS	«GIPSY MAJOR»			«GIPSY QUEEN»		
	Serie 10	Serie 30	Serie 50	Serie 30	Serie 50	Serie 70
Cilindros	4	4	4	6	6	6
Calibre en mm.	118	120	120	120	120	120
Carrera en mm.	140	150	150	150	150	150
Cilindrada lts. ...	6,1:1	6,80	6,8	10,2	10,2	10,2
Compresión	6,0:1	6,5:1	6,5:1	6,5:1	6,5:1	6,5:1
Compresor	—	—	11,16:1	—	11,16:1	11,22:1
Plena admisión, en mm.	—	—	1.018	—	1.018	1.069
Peso, en Kgs. ...	141	154	186	231	254	299
Potencia despegue, en CV....	142	160	200	250	300	335
R. p. m.	2.400	2.500	2.500	2.500	2.500	2.800
CV. por litro ...	23,8	25	29,5	24,5	29,4	34,3
Peso por CV. ...	0,97	0,96	0,93	0,92	0,85	0,86
P. M. E. Kgs/cm²	8,5	8,80	10,7	8,8	10,7	11,1

En este cuadro se observa que, excepto el «Gipsy Major» 10, todos los demás conservan la misma cilindrada y que, con compresor o sin él, con 4 ó 6 cilindros, se obtiene una gama de po-



Motor "Tigre" 125/150 CV. 4 cilindros y enfriamiento por aire.

tencias al despegue de 160 CV., 200 CV., 250 CV., 300 CV. y 335 CV. Ahora bien, la cilindrada de los «Gipsy» es ligeramente superior a la del motor «Tigre», así como la relación de compresión, es decir, que, a regímenes iguales y presión de admisión igual, la potencia producida en un cilindro, prescindiendo de rendimientos térmicos de diseño, será ligeramente igual para el «Gipsy» que para el «Tigre» y, por lo tanto, es posible el obtener partiendo del «Tigre 150» una gama de potencias muy similares, aunque sean un poco por debajo, si no aumentamos la carrera, siempre que su resistencia estructural soporte el elevar el número de vueltas y la presión media efectiva.

Para obtener un máximo desarrollo de potencia por litro de cilindrada, sobre la base de una determinada fórmula constructiva conservando el mismo calibre y carrera, es preciso mejorar el coeficiente de características, o sea la velocidad media del pistón, aumentando el régimen dentro de los límites permisibles impuestos por los valores de las fuerzas de inercia, y obtener en la construcción el óptimo rendimiento mecánico al aumentar la presión máxima y la media efectiva hasta los límites compatibles con la detonación y la resistencia estructural.

Basados en estas consideraciones representamos seguidamente un cuadro hipotético de lo que podría ser el futuro desarrollo del motor «Tigre».

POSIBLE DESARROLLO DEL MOTOR «TIGRE»

CARACTERÍSTICAS	PROTOTIPOS		POSIBILIDAD FUTURA		
	GIV-A	GIV-B	G V-C	GIV-A	GIV-B
Cilindros	4	4	4	6	6
Calibre, en mm. ...	120	120	120	120	120
Carrera, en mm. ...	140	140	150	150	150
Cilindrada, en lts. ...	6,33	6,33	6,8	10,2	10,2
Compresión	6,0:1	6,5:1	6,5:1	6,5:1	6,5:1
Compresor...	—	—	10 a 12/1	—	10 a 12/1
Plena admisión, en mm.	—	—	1.020	—	1.020
Potencia despegue, en CV.	125	150	200	250	300
R. p. m.	2.000	2.300	2.500	2.500	2.500
CV. por litro...	19,75	23,8	29,4	25,0	30
Peso por CV.	1,12	0,9	0,9	0,99	0,82
P. M. E. Kgs/cm² ...	8.8	9,8	10,8	9,8	11,5

El aumentar la carrera en los 6 cilindros no implica un problema de gran importancia, ya que necesariamente es preciso forjar un nuevo cigüeñal y no es necesario un reductor. La versión GIV-C no la consideramos de mucha utilidad práctica, pues requiere, además, un aumento de carrera y, por lo tanto, el radio de la muñequilla en la misma cantidad.

El desarrollo del motor «Sirio» es bastante más complicado que en el caso del motor «Tigre». Si bien, el aumentar su potencia en la versión actual es a todas luces evidente, pues su cilindrada da margen para ello, siempre que se consiga la suficiente resistencia estructural que resista una presión media efectiva superior a la de 12 Kgs/cm² que hoy tiene, lo cual es muy posible. El pasar a más cilindros, conservando la misma cilindrada unitaria implicaría, quizás, un cambio muy apreciable en elementos principales.

Hay algunos motores, como el Pratt & Whitney «Twin Wasp R-2180», con dos estrellas de 7 cilindros, y el del mismo tipo «R-2800» con 2 estrellas de 9 cilindros, en los cuales se ha conservado el mismo cilindro 146 × 152 mm. — 2,55 litros, es decir, con el mismo calibre y carrera. Ello da lugar con los 14 y 18 cilindros a una cilindrada total de 35,7 litros y 45,9 litros, respectivamente, que corresponde a potencias de 1.800 CV. y 2.400 CV Aun el motor de 28 cilindros de 3.000 CV. de la misma casa conserva también el mismo cilindro. En cambio, en los motores «Wright Cyclone 7 R-1300», de 7 cilindros, y el 9 R-1820 se ha aumentado la carrera en 15 mm., con el consiguiente aumento en la compresión.

En el motor «Sirio» el «cárter» es más reducido de diámetro que el «Pratt & Whitney» 7 cilindros, a pesar de tener menos cali-

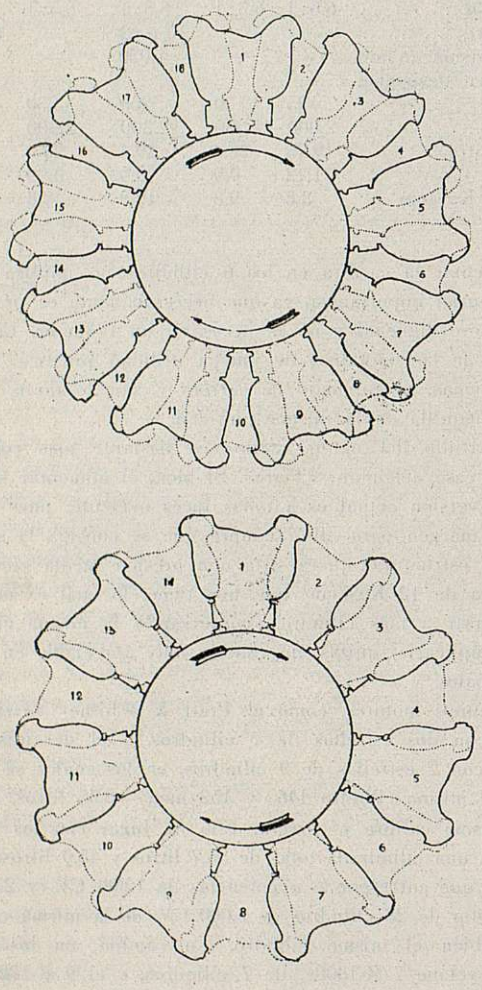
FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

bre, y es casi seguro que el pasar a 9 cilindros implique un aumento de este diámetro, pues de otra forma quedarían éstos muy juntos unos con otros, en malas condiciones de enfriamiento y de emplazamiento para su montaje; esto hace cambiar notablemente el diseño, pues si se quiere conservar la misma cilindrada por cilindro, sería necesario ir a una longitud de biela excesiva. Por consiguiente, será necesario, conservando el mismo calibre y émbolo, ir a un aumento de la cilindrada con mayor carrera, que implica, a su vez, un aumento igual en el radio de la muñequilla. Esto exigirá detenidos cálculos y ensayos en monocilindros.

Al mismo tiempo, el motor de 9 cilindros exigirá probablemente un «cárter» principal de mayor volumen que el actual para favorecer mejor la proyección de aceite y evitar un excesivo calentamiento.

En el croquis que sigue se puede observar la posición de los cilindros de las versiones hipotéticas derivadas del motor «Sirio» con 9, 14 y 18 cilindros, partiendo del mismo diámetro de «cárter» que en la versión actual. Al pasar a 9 cilindros quedan éstos tan juntos que su montaje se haría con dificultad, así como el cambio de un cilindro averiado, pero al mismo tiempo se produciría una debilitación en la resistencia estructural del «cárter», por estar éste fundido en una sola pieza.

DISPOSICIÓN DE LOS CILINDROS EN EL POSIBLE DESARROLLO DEL MOTOR «SIRIO»



Dada la calidad de la fundición nacional de aleaciones ligeras, quizás sería más conveniente ir a la fórmula americana de construir el cárter principal en dos piezas fundidas y estampadas, lo cual, además de mejorar la fundición, facilitaría la mecanización, aumentaría su resistencia y sería más barato.

En cuanto al 14 cilindros, aunque somos de opinión de sacar un poco más afuera los cilindros para disminuir el excesivo calentamiento del aceite, no se tropezaría con dificultades insuperables. El motor «Sirio» tiene el defecto de que las culatas no toman la temperatura conveniente para obtener un óptimo rendimiento; por consiguiente, no es de temer un excesivo calentamiento en la estrella posterior y, en todo caso, con unos deflectores apropiados se puede asegurar un enfriamiento correcto.

Al aumentar el régimen es necesario también prever el estudio del correspondiente reductor.

Lo mismo que para el motor «Tigre», indicamos en un cuadro hipotético las potencias que podrían aproximadamente obtenerse en un futuro desarrollo, conservando, si fuera posible, la misma cilindrada unitaria y la misma presión de admisión.

POSIBLE DESARROLLO DEL MOTOR «SIRIO»

CARACTERÍSTICAS	PROTOTIPO	POSIBILIDAD FUTURA		
	S-VII-A	S-IX-A	S-XIV-A	S-XVIII-A
Cilindros	7	9	14	18
Calibre, en mm.	150	150	150	150
Carrera, en mm.	145	X	145	X
Cilindrada, en ltrs.	18	X	36	X
Diámetro, en mm.	1.120	X	1.120	X
Potencia al despegue CV.	500	650	900	1.300

Estas posibilidades pueden ser todavía mucho más optimistas, pues si comparamos con la gama de motores de 7, 9, 14 y 18 cilindros de los motores Pratt & Whitney y de los Wright Cyclones observamos que la primera conserva el calibre de 146, y la segunda el de 155 mm.; la relación de compresión y presión de admisión que permiten son superiores a las del «Sirio», y su potencia por litro de cilindrada ha sido muy aumentada, variando de 40 hasta más de 50 CV. litro.

Si en el «Sirio» pudiéramos llegar, por lo menos, a 36,5 CV. litro, lo que no es nada exagerado, ya que en la versión actual la presión media efectiva es sólo de 10,8 Kgs. cm^2, obtendríamos una gama de potencias del orden siguiente:

S-VII-A	S-VII-B	S-IX-A	S-XIV-A	S-XVIII-A
500 CV.	650 CV.	800 CV.	1.300 CV.	1.700 CV.

De momento, y en un período de cinco años, creemos que solamente sería preciso desarrollar las tres primeras versiones, aunque, en realidad, la segunda no exige ningún cambio fundamental, pues en banco de pruebas se ha podido registrar 550 CV. con un molinete frenado a 2.300 r. p. m. y una presión de admisión de 1,38 atm. (1.014 mm.). Una simple prueba a fondo a base de ver

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

lo máximo que podrían aguantar el motor en varias horas de funcionamiento a esta presión de admisión, sin perjuicio de estropearlo, nos daría clara idea de sus posibilidades.

III.—ESTUDIO DE LA FABRICACCIÓN DE MOTORES DE AVIACIÓN

En Aviación se explica la economía dirigida, o, mejor dicho, la dirección por parte del Estado en su desenvolvimiento por una razón muy sencilla, y es, que el Estado es el más interesado en contar con ella, pues la aviación ha cambiado el concepto de la defensa nacional; además, la mayor parte de las aplicaciones de la aviación o son muy caras o son muy malos negocios desde el punto de vista absoluto, y, por esta razón, el Estado tiene que dirigir su política y, asimismo, tiene que sêr comanditario. En nuestro caso, existe una razón más, y es la escasez del mercado nacional, que creemos limitada a la capacidad productiva de una sola fábrica, la cual, dada su importancia, exige un meticuloso estudio.

Para la realización de un establecimiento industrial para la construcción de motores, es preciso determinar primero el fin que se persigue, o, en otros términos, el programa que se desea desarrollar, pues, sin esto, la fábrica nace sin vida y, si el programa no comprende un largo período de años, se llegaría, indudablemente, a un resultado catastrófico.

Vamos a esbozar cómo, a nuestro criterio, podría resolverse la fabricación nacional, pues, si bien se trata de poner en marcha una nueva organización, no se puede olvidar lo ya existente, y debe procurarse aprovechar y reunir todo lo que disponemos. Esto es quizás más complicado que si hubiéramos de iniciar el problema de la nada. Se trata, podríamos decir, de un rompecabezas, donde hay que encajar, a medida que pasa el tiempo, las piezas de que se dispone.

Se debe gastar en lo que sea útil, lo necesario, pero con una limitación prudente y lógica, cuidando de terminar lo emprendido, para lo cual es condición fundamental no continuar más que con aquello que sea aprovechable y de posible desarrollo; lo incierto, lo que no ofrezca garantía, se debe abandonar.

Para nuestro caso, antes de fijar un programa es preciso examinar las licencias de motores que poseemos, su utilidad y la conveniencia o no de su fabricación. Por esto dividimos nuestro análisis por separado en los tres puntos siguientes:

1.º Elección de los tipos de motores que se han de fabricar.

2.º Programa para desarrollar en el período de iniciación, que se puede fijar en cinco o seis años.

3.º Programa o desenvolvimiento posterior.

1.º ELECCIÓN DE TIPOS DE MOTORES.

Independientemente de aquellos motores de pequeña potencia que con los elementos aprovechables que hoy disponemos y que a nuestro juicio son suficientes para fabricarlos, es misión del Ministerio del Aire determinar el motor de elevada potencia, bien de émbolo o de reacción, necesarios para desarrollar un programa de flota aérea por estar íntimamente ligados el avión y el motor.

En cuanto a la primera parte de este punto, estimamos que los motores «Tigre» 125/150 y el motor «Sirio», ambos Elizalde, llenarían este primer cometido, y aunque son susceptibles de algunas mejoras en cuanto a características y calidad, como ya hemos indicado, podemos considerar, sin embargo, su fabricación lo suficientemente a punto para estimar su aportación de sumo interés, pues estos dos tipos de motor tendrían aún gran aplicación durante bastantes años. Los «Tigre» en avionetas de enseñanza elemental y de turismo, y son, además, susceptibles de un mejor desarrollo si se aumenta su potencia, pues no nos parece difícil a primera vista el paso a 6 cilindros, y con la misma cilindrada unitaria a 2.500 r. p. m. obtener un motor de 245/250 CV. sin compresor, mientras la calidad de los materiales no permita superar esta potencia. Con compresor y presión de admisión de 1.020 mm. a 2.800 r. p. m. se obtendrían más de 300 CV. El problema es de fácil resolución, con gran cantidad de elementos comunes a los tres motores 125, 150, 245 y 300 CV., con las ventajas que reportaría esta unificación en motores de pequeña potencia, y que llenaría un cometido de enseñanza, turismo y enlace, cuyo porvenir parece todavía risueño. Tiene aplicación actualmente en las avionetas nacionales Bücker 131 y 133, HM-1, HM-5, y futura en la HM-7.



Avioneta HM-7 de cuatro plazas con motor de 240 CV.

Respecto al motor «Sirio», hemos de decir que lo consideramos como un buen motor, aunque precise algunos retoques que, con los medios actuales, se realizan muy lentamente, pero que con una ayuda eficaz quedaría puesto a punto rápidamente. Cabe admitir un futuro desarrollo, pues de su cilindrada de 17,9 litros podría obtenerse un rendimiento bastante superior a los 27,5 CV. litros que hoy tiene, y se podrá, cuando las calidades de materiales y unos ensayos más intensificados lo permitan, en relativamente poco tiempo elevarla a los 30/36 CV/litro, rebasando así los 600 CV. al despegue y, más tarde, una vez encauzado su desarrollo, si se estima necesario, pasar al 9 cilindros con 750 CV., y, porqué, no, al 14 y 18, con potencia del orden de 1.200 y 1.800 CV., respectivamente. Este motor es completamente aplicable en su forma actual a los aviones de líneas aéreas interiores y a los aparatos de adiestramiento avanzado, así como también para los autogiros. Hoy ya tiene aplicación inmediata en el C. A. S. A. 201. «Alcotán» y HS-42, si bien este último avión necesitaría forzosamente una revisión de proyecto al objeto de reforzarlo y conseguir mayor carga útil que la que hoy tiene, a todas luces escasa. Este motor con tres gamas de potencias, comprendidas entre 480 y 600 CV., llenaría los cometidos apuntados civiles y militares. El 9 cilindros podría substituir al actual E9-750 CV. De todas maneras, uno u otro tendrían aplicación en el prototipo C. A. S. A.-202, cuyo proyecto está muy avanzado.

El problema planteado en esta forma queda reducido a una cuestión de desarrollo de estos motores y a un estudio de su

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO



Avión "Alcotán" C. A. S. A. 201. Prototipo español de transporte civil, 10 pasajeros y 250 Kms. de velocidad de crucero.

adaptación a prototipos de aviones ya determinados y experimentados, con motores extranjeros, y esto es a lo más que de momento podemos aspirar.

Para motores de potencia elevada, indispensables para aviones militares de bombardeo o de combate, es, como queda dicho, el Ministerio del Aire el que debe fijar primeramente el tipo o tipos de avión que nuestro Ejército del Aire necesita. De todas maneras, si se opta por una aviación defensiva no hay lugar a dudas acerca de que el tipo de motor debe ser el de turbo-reactor, pues el motor de émbolo ha quedado desplazado para esta misión y se ha impuesto el motor de turbina. Respecto a la aviación de bombardeo, para cuando en España tuviéramos a punto la fabricación de un tipo de motor de altura de 1.500 a 1.700 CV. se habría pasado tal cantidad de tiempo que probablemente este tipo de motor resultaría anticuado.

En el extranjero, todos los esfuerzos se encaminan al desarrollo del motor de reacción, aumentando su rendimiento y empuje e introduciendo modificaciones y mejoras diversas; compresores axiles, inyección de agua, post-combustión, etc., y, en cuanto a materiales, el empleo de los cerámicos, que permitan elevar la temperatura de las turbinas, y, muy especialmente, hoy en día parece ser que en América se encaminan a resolver el problema con el empleo de los «ceramales», de los que hemos hablado en la primera parte de este trabajo.

Aunque todavía no se considera el motor de reacción como puesto a punto, en particular el turbo-hélice, sino más bien en período de desarrollo, son ya empleados en gran escala en aviones militares los turbo-reactores con compresor centrífugo, especialmente en el avión de combate, interceptor y de persecución. En aviones civiles solamente puede decirse que se ha iniciado la experimentación en vuelo de los turbo-reactores y turbo-hélices, y ya son muchos los prototipos de aviones en período de experimentación.

Casi todas las casas extranjeras han desarrollado dos tipos de motor de turbina: el turbo-hélice y el turbo-reactor; el primero se ha instalado en aviones para misiones de adiestramiento militar, con potencias de 1.000 a 1.400 CV., y en comparación con aviones de los mismos tipos provistos de motores de émbolo de igual potencia.

La experiencia en España nos dice que cinco años son insuficientes, hasta ahora, para obtener la primera versión de un prototipo de motor de émbolo de pequeña potencia, si bien es verdad que el proyecto y fabricación de un motor de licencia española no se inició en realidad hasta pasada nuestra guerra de liberación, y las dificultades de todo orden que surgieron con motivo de la guerra mundial entorpecieron considerablemente su desarrollo. La puesta a punto de motores de potencia media y elevada con licencia extranjera, no se ha conseguido después de siete años de continuos trabajos; las principales causas que han motivado tanto retraso, han sido debidas a la carencia absoluta de instalaciones de ensayos apropiadas, lo que ha impedido la experimentación continua, aumentada a su vez por la dificultad de conseguir materiales adecuados; todo ello unido al problema económico y a la falta absoluta de la industria accesoria del motor.

En menos de dos años se ha hecho rodar un prototipo en España y se han obtenido en banco las características que se deseaban; esto indica que nuestros ingenieros son capaces, como cualesquiera, de proyectar y realizar un motor de aviación.

Ahora bien, una cosa es realizar un prototipo y otra cosa es comenzar la fabricación en serie. El obtener el rendimiento deseado en la primera prueba, no indica que el motor esté logrado. Desde el punto de vista estructural, es menester hacer muchas pruebas de comprobación de rendimiento térmico y mecánico, así como para determinar su resistencia física, que exigen larga duración y construir, por lo menos, 10 o más prototipos para probarlos en banco y en vuelo, de forma continua en las condiciones más duras, con una duración que en algunos motores extranjeros ha variado desde 5.000 horas hasta 10.000 horas, comprobación de todos sus accesorios, independientemente, en banco, sobre motor y en vuelo.

La prueba de duración más larga que se ha hecho en España y, que no ha pasado de 450 horas no ha sido suficiente, lo que ha obligado a hacer modificaciones posteriores, una vez construída la serie, ya que ha faltado la indispensable «técnica de tanteo» necesaria para la implantación de la fabricación en serie.

Estas pruebas dan lugar a cambios en elementos que algunas veces pueden ser los principales. En España, un motor homologado en banco hace siete años se instaló sobre avión, y aunque realizó algunos vuelos, no pudo llegarse a su homologación en vuelo. Ha sido preciso reforzar el «cárter», modificar culatas, camisas, bombas de inyección, cambiar el compresor, así como introducir otras modificaciones más o menos importantes, sin que se pueda decir por ello, aunque ha sido homologado nuevamente en banco, que está definitivamente logrado, pues sus condiciones de regularidad como principal elemento de «planta de potencia» no han sido comprobadas, ni en banco ni en vuelo. Además, todas estas modificaciones han sido hechas fuera de España. Debemos señalar que este motor, de diseño extranjero, a pesar de permanecer cinco años en España el proyectista, de renombre mundial, con su equipo de estudios, no obtuvo ningún resultado halagüeño. Esto nos indica una vez más que es cuestión de medios y no sólo de capacidad técnica.

Un motor no puede ser el producto de un proyectista ni de una oficina técnica, pues sólo puede surgir del esfuerzo combinado de multitud de elementos, que aportando cada uno la experiencia que exige la necesidad de resolver diariamente problemas de fabricación, trazado, etc., dan en un conjunto el motor apete-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

cido, del que casi lo menos importante es el proyecto teórico, y lo fundamental su realización y puesta a punto, consecuencia de una prolongada investigación práctica o «técnica de tanteo».

El pensar en comenzar con el estudio y proyecto de un motor de cualquier tipo que sea, de elevada potencia o empuje con nuestros propios recursos, nos parece una utopía. Esto no impide el que, como estímulo, y para mantener el grado elevado de capacidad técnica de nuestros ingenieros, se fuera estudiando y diseñando un pequeño turbo-reactor de unos 100 Kgs. de empuje estático máximo, pues no se precisarían instalaciones costosas, ya que con un banco para compresores de 250 CV. sería suficiente. Estos estudios podían llevarse a cabo en el Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica.

Por todas estas razones es por lo que estimamos que para este tipo de motor, es decir, el militar, bien de pistón, bien de reacción, consideramos la ineludible necesidad de adquisición de una licencia de una prestigiosa firma extranjera, con la máxima ayuda técnica posible, y en la cual, de manera precisa, queda especificado todo posterior desarrollo o mejora en la licencia elegida. Quizás lo más conveniente sería adquirir como primer escalón una licencia de turbo-hélice de 1.000 a 1.400 CV. para adiestramiento avanzado, y otra, de turbo-reactor, pero dentro de la misma técnica.

2.º PROGRAMA QUE SE PODRÍA DESARROLLAR EN EL PRIMER PERÍODO, QUE PUEDE SER FIJADO EN CINCO AÑOS.

Este punto es el más delicado, pues está ligado íntimamente con la producción de aviones. Los motores deben de cubrir una necesidad, y ésta es la de dotar a los aviones que se fabriquen de sus motores y de sus repuestos.

Ha sucedido en algunos países el fabricar motores y no tener donde instalarlos. En España ha pasado algo parecido.

En una primera etapa, partiendo de las ideas expuestas en el punto anterior, es decir, considerando los elementos aprovechables con que se cuenta, convendría iniciar la edificación de una nueva fábrica que estudiaremos más tarde, continuando, sin embargo, la fabricación del motor «Tigre» y «Sirio», ambos de aplicación inmediata, conservándose los cuadros técnicos y personal especializado que en su realización han intervenido y con los mismos elementos materiales con que se cuenta.

El plan podría ser el siguiente:

1. Estudio y proyecto de una nueva fábrica, ubicada, lógicamente desde los puntos de vista estratégico y fabril, y próxima a un aeródromo, donde puedan efectuarse ensayos en vuelo, sin demora en transportes, y en rápido contacto con la fábrica.

Sería conveniente comenzar la edificación de esta fábrica construyendo primeramente las naves de montaje y bancos de prueba.

2. Continuar en Barcelona la fabricación de motores «Tigre» e implantar la fabricación en serie del motor «Sirio», mejorando los bancos de pruebas de que se dispone, en cuanto se relaciona con aparatos de medida e instalaciones. Es esencial disponer un banco monocilindro de por lo menos 120 CV. y un banco de compresores hasta 250 CV. Para este fin se le prestará la ayuda económica necesaria. Estas instalaciones serían en su día trasladadas a la nueva fábrica.

3. Iniciar el proyecto del «Tigre» 6 cilindros; posiblemente en un año, podría disponerse del primer motor para el banco, y en año y medio dos más para banco, y tres para vuelo.

4. Estudiar, al mismo tiempo, el avión correspondiente a este motor, aunque posiblemente pudiera adaptarse a la avioneta de enlace y turismo HM-7.

5. Intensificar los ensayos del motor «Sirio» en vista a asegurar su puesta a punto y desarrollar la versión superior a 600 CV.

6. Comenzar la fabricación en serie del motor «Sirio» en versiones 500 y 600 CV. al despegue.

Este punto tiene que compaginarse con una revisión y mejora del avión de entrenamiento HS-42 y una fabricación en serie del avión de pasajeros «Alcotán».

7. Adquisición de una licencia extranjera, y comenzar con los trabajos de estudio y traducción de planos en vista a comenzar los trabajos de montaje y pruebas en la nueva fábrica.

8. Aumentar la asignación al Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica, dedicando una parte importante a las instalaciones necesarias para el desarrollo de motores, de forma que con ellas se pueda ayudar a la industria en cualquier problema que se le presente, ya que en una industria permanecerían inactivas temporadas enteras, con el consiguiente gravamen económico.

9. Estudiar y proyectar un pequeño turbo-reactor y dotar al departamento correspondiente del I. N. T. A. de personal técnico suficiente, hoy día escasísimo.

Estos puntos que hemos considerado permiten no interrumpir el trabajo en lo que a motores se refiere, evitando despidos, sino, por el contrario, conservando los cuadros, tanto de personal técnico como del obrero especializado, ya que dados sus años de experiencia, el desprenderse de él ocasionaría graves consecuencias, difíciles de resolver, sin olvidar que de esta manera podría sostenerse una eficiente escuela de aprendics, a los que debería exigírseles el compromiso formal de estar dispuestos a trasladarse al hacer el traspaso a la nueva fábrica.

3.º DESENVOLVIMIENTO POSTERIOR.

A partir del quinto año, y en el supuesto de que la nueva fábrica esté construída, debería comenzarse la fabricación escalonada del motor reactor, bien turbo-hélice o turbo-reactor, cuya licencia se adquiera comenzando por el montaje y pruebas y pasando por sucesivas fases hasta la completa nacionalización del motor.

Este problema, completo de por sí, precisaría un estudio a fondo, que se saldría del objeto de este trabajo. Su nacionalización exige un mutuo acuerdo con el propietario de la licencia, el cual debe prestar toda la ayuda técnica necesaria y dar las máximas facilidades en el envío, primeramente de grupos completos, después de elementos destacados y, por último, de materiales no elaborados de difícil adquisición en nuestro país.

IV. CONTRATOS OFICIALES

Para mantener una próspera industria de motores de aviación se precisa de contratos y pedidos oficiales. Normalmente, los contratos oficiales se otorgan a las empresas industriales sobre la base de una oferta a un coste mínimo o a un precio fijo. Si bien tal sistema resulta a veces satisfactorio, cuando se refie-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

re a ciertas clases de producción, no lo es cuando se aplica a los motores de aviación.

La naturaleza peculiar del motor de aviación exige que cada oferta sea considerada solamente teniendo en cuenta su mérito técnico y la aptitud de la empresa para desarrollar un tipo de motor, de acuerdo con las normas de prueba, dentro de un período de tiempo razonable.

Un método para juzgar la capacidad, cuando no de la aptitud de una empresa para cumplir un contrato en un plazo de tiempo razonable, consiste en hacer un cálculo de las horas de trabajo que necesiten para proyectar y construir un motor prototipo, como igualmente obtener un informe de su capacidad de trabajo, comprendiendo también los medios detallados de que disponga para efectuar los ensayos. Pero, como es natural, esto no incluye factores tan importantes como son la labor de concepción y de ejecución. Por consiguiente, debe conocerse el pasado histórico y los aciertos y fracasos de la empresa de que se trate. La capacidad para invertir rápidamente el capital suele dar idea de sus posibilidades.

Los contratos que se conceden a la empresa pueden ofrecer dos aspectos distintos, bien se trate de un motor cuyo prototipo ya ha sido experimentado, o bien cuando se trate de un nuevo diseño o desarrollo de un motor ya conocido.

En el primer caso se trata a un simple contrato de adquisición de motores de fabricación en serie, y en el segundo, precisa de un contrato previo que comprenda el estudio y realización del motor prototipo, cuyo precio permitirá que se efectúe una prueba de aceptación del primer motor con potencia previamente declarada. Un segundo contrato comprende un cierto número de motores, generalmente no inferior a diez, para sus propias pruebas en banco y para las pruebas en vuelo; este número dependerá del o de los tipos de avión en que se desee adaptar.

No es conveniente proceder a la fabricación inmediata de los motores correspondientes a las pruebas en vuelo hasta que el prototipo haya alcanzado una fase de desarrollo en la cual no sean de esperar importantes ni vitales modificaciones.

Es práctica usual, en otros países, el establecer contratos separados para la construcción del prototipo y para su desarrollo subsiguiente. Todos estos contratos admiten una ampliación con otro, caso de que se precise mayor tiempo para su desarrollo o funcionamiento, como resultado de dificultades técnicas o experimentales. Estos contratos adicionales suelen hacerse por un cierto número de horas de funcionamiento en banco, a un coste determinado por hora de ensayo, en cuyo precio hora va incluído el desmontaje y las modificaciones de poca importancia del motor, pero si se produjese un funcionamiento defectuoso que exigiese una modificación radical, la empresa podrá solicitar un contrato separado del nuevo diseño y fabricación de los componentes de que se trata. Entre tanto, el anterior contrato se mantendrá en suspenso hasta que el motor se halle de nuevo listo para las pruebas.

El buen resultado del procedimiento que hemos descrito radica en la honradez técnica de la empresa y la benévola dirección del organismo oficial competente. Deberá existir una mutua confianza entre él y la empresa, con objeto de que ésta no se vea coartada en sus esfuerzos para producir mejores motores. Desde el punto de vista presupuestario, nunca resulta una explicación fácil presentar los motivos a aquellas personas que ignoran la técnica del motor de aviación.

Esta amplitud en la dirección se extiende hasta la elección de los materiales de construcción. Una fabricación de motores exige emplear el material que se considera más apropiado y debe ser, finalmente, aprobado por la inspección oficial, cuando el motor entre en fase de fabricación.

V. INDUSTRIA ACCESORIA

Todo lo que hemos indicado anteriormente sobre la evolución y el estado de la industria motorística, podía repetirse aquí referido a los accesorios, tales como magnetos, bujías, bombas de combustible, etc. Hay que considerar dos clases de accesorios; unos que son necesarios para el funcionamiento del motor en sí, tales como arrancadores, magnetos, bujías, bombas de alimentación de combustible, bombas de inyección, inyectores (en su caso), radiadores de agua y aceite y tuberías, y aquellos que forman parte del equipo del avión, pero que son accionados por el motor: generadores, bombas de vacío, compresores, mecanismo del paso variable de la hélice, etc. La necesidad de todos estos últimos depende del tipo del avión.

En estos accesorios, aquellos mecanismos que son eléctricos se deben reunir, y así está establecido, en un solo grupo de forma que sean fabricados por una misma industria.

Las bujías, tuberías flexibles, compresores, bombas de alimentación de combustible, bombas de vacío, llaves, etc., también suelen ser fabricados por una misma industria.

La ejecución de estos elementos tan indispensables para el motor es muy delicada y costosa, y de su bondad dependerá el buen funcionamiento del motor.

En el año 1929, en «L'Ecole Superieur Aeronautique et de Constructions Mecaniques», el eminente profesor ingeniero general Martino Lagarde, en su curso de motores de combustión interna comparaba el motor de explosión al cuerpo humano, en el cual el corazón era el carburador; si falla éste, el motor se para (no es posible proveerlo de dos carburadores, como de dos magnetos) y si alguno de sus accesorios no va bien, el motor se pone enfermo; su gravedad depende del accesorio averiado. Esta comparación es más elocuente que todo lo que podamos decir sobre el particular.

Tocamos este tema del carburador accesorio, el más importante, porque su fabricación en España no está resuelta todavía de manera eficaz; los que se fabrican adolecen de muchos inconvenientes. El carburador para el motor de avión exige una serie de cualidades especiales y difíciles de lograr. Debe permitir la puesta en marcha rápida y pronta en tiempo frío, la marcha lenta, la aceleración rápida y segura, la máxima potencia en funcionamiento continuo, bajo consumo específico a todas las potencias, en especial la de utilización del motor, perfecta automaticidad, imposibilidad de formación de hielo en mariposa y difusor, etcétera.

Para reunir todas estas cualidades es necesario lograr un perfecto diseño y una fabricación esmerada. Esto no ha sido logrado en nuestro país y es difícil en una serie encontrar dos carburadores exactamente iguales. Si, como es probable, hay que ir al carburador de inyección en motores de potencia elevada, lo más práctico sería adquirir una licencia extranjera.

Lo mismo que la fabricación del motor tiene que ir de la

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

mano de la de aviones, los accesorios han de ir de la del motor, y, por consiguiente, como los pedidos han sido muy limitados, aun incluso los de bujías, a pesar de que es el accesorio que entra en más cantidad en un motor de avión, la industria se encuentra poco desarrollada.

Mientras se ha dispuesto de buena mica con la suficiente resistencia mecánica y a la perforación eléctrica, así como de buen material para los electrodos, las bujías de fabricación nacional han funcionado en buenas condiciones, pero cuando han faltado aquellos materiales extranjeros han perdido calidad. Sería muy conveniente fomentar la industria de la bujía con aislamiento cerámico de excelente calidad como la «corundita».

Poco más o menos la fabricación de los demás accesorios está en la misma situación que la del carburador y la bujía.

Como ya mencionamos en la primera parte de este trabajo es necesario calibrar los accesorios y proceder a las pruebas de duración en dispositivos especiales, y, por último, extender su experimentación en la «planta de potencia» en tierra y en vuelo, pues es de mayor importancia verificar el efecto ejercido por el funcionamiento del motor sobre los accesorios y viceversa; y la influencia de las variaciones de potencia o de par motor y de los esfuerzos de vibración producida, bien por el motor o por sus accesorios. Un funcionamiento inadecuado de un componente de motor, de un accesorio, o de un acoplamiento o transmisión, establecen una *incompatibilidad* de dicho accesorio con el motor, aun cuando cada uno funcione bien actuando por separado.

Igual que la industria motorística, la de accesorios ha tropezado con los mismos inconvenientes, escasez de pedidos y falta de experimentación, a pesar de que muchos de estos accesorios se construyen con patente extranjera.

Para llegar a un buen resultado es preciso, una vez más, que el Estado preste ayuda eficaz al problema tan importante, estableciendo programas suficientes compaginados con los de motores y facilitando los recursos necesarios para ampliar y mejorar las instalaciones para pruebas de accesorios en el Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica.

Una vez estudiados los anteriores puntos, que consideramos como los más esenciales, pasemos a examinar cómo podría, a nuestro juicio, constituirse una empresa de motores, reuniendo los elementos técnicos y materiales de que se dispone.

VI. ESTUDIO DE UNA EMPRESA NACIONAL PARA LA FABRICACIÓN DE MOTORES DE AVIACIÓN

Carácter de la empresa.—Sentada la base de que una empresa de este tipo necesita del apoyo oficial, debidamente regulado, en forma de buenos requisitos técnicos, seguido de pedidos, y puesto que no hay mercado suficiente más que para una fábrica, la empresa debería tener carácter semiestatal, con mayoría por parte del Estado, y cubrir el resto con las aportaciones de las industrias del motor actuales, bien en metálico o en aportaciones de instalaciones, maquinarias y licencias o patentes que sean interesantes, y dar entrada a las demás industrias aeronáuticas interesadas, mediante una participación proporcional a su capital social.

Capital de constitución.—La fijación del capital de constitución es asunto muy delicado y difícil de prever. Para ello sería preciso valorar todas las aportaciones que puedan ser útiles, sin cuyo previo conocimiento, necesario para sentar una base, no es posible siquiera hacer una hipótesis.

Ahora bien, lo que sí podemos hacer es determinar una facturación anual aproximada a base de contratos fundándose en las necesidades anuales de motores en años sucesivos, su posibilidad de fabricarlos y los subsiguientes contratos de prototipos y desarrollos, pues no se puede pensar sostener una industria, cuyo estudio y fabricación de prototipos sea a costa de su trabajo en serie. Para esto, tenemos que tomar como base la capacidad necesaria de producción en función de la anual de aviones, así como de los prototipos necesarios en el futuro.

Existe un mínimo de capacidad técnica que es absolutamente necesario para el funcionamiento adecuado y eficaz de una fábrica de motores de aviación, independientemente de las consideraciones inmediatas relativas a la fabricación. Este mínimo difiere considerablemente del que presentan otras industrias de ingeniería más comercializadas. La capacidad mínima de una empresa debe fijarse en la suposición de que sea capaz de proyectar y construir un nuevo motor prototipo de alto rendimiento, en un plazo de dos años, por lo menos. Un paso acertado para alcanzar esta capacidad podría ser el obtener, en los primeros años, la colaboración de una prestigiosa firma extranjera para el motor de elevada potencia que debe coincidir con las posibilidades de una producción que permita, al mismo tiempo, el desarrollo de los dos prototipos de que disponemos, en vista a su aplicación a nuevos aviones en proyecto.

El precio del CV. producido en motores de pequeña potencia es superior al de los motores de potencia elevada, es decir, el precio por CV. disminuye a medida que la potencia se eleva, pero desde el punto de vista económico es mucho más práctico construir motores de potencia elevada, debido a que la diferencia del número de horas de trabajo necesarias por CV. va disminuyendo muy rápidamente a medida que aumenta la potencia, en especial para aquellos motores que tienen varios elementos comunes. Para mayor claridad presentamos el ejemplo de una fábrica de motores que trabaje en serie con 400 obreros productivos en jornada normal de 48 horas por semana:

Potencia del motor en CV.....	150	500	1.500
Horas de trabajo por motor	1.500	3.000	4.000
Producción de motores en 960.000 horas de trabajo anual. (1)....	640	320	240
Precio por motor en pesetas. (2).....	80.000	240.000	500.000
Facturación total.....	51.200.000	76.800.000	120.000 000

Desgraciadamente, no podemos en varios años aspirar a producir motores de elevada potencia.

Los desarrollos del «Tigre» y del «Sirio», que han de contratarse aparte, los afectamos de los siguientes coeficientes: 20 para

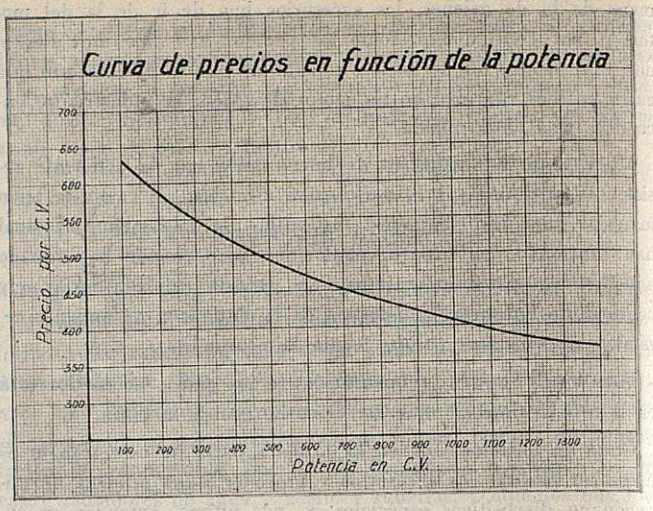
(1) Se ha tomado como base 300 días laborables al año.
(2) Motor con magnetos y bujías.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

el primer prototipo, y 10 para los diez prototipos necesarios para pruebas de duración en banco y en vuelo, aplicados al precio del motor producido en serie, cuyo valor por CV. se indica de una manera bastante aproximada en el gráfico de esta página.

En este primer período de cinco años, que podemos denominar de reorganización, prescindimos de la fabricación de aviones de bombardeo y combate, cuyos motores no sería posible, a nuestro juicio, fabricar en este período; fijamos un 50 % de repuesto para los aviones escuela y un 25 % para los demás, y admitimos que las licencias y patentes son propiedad del Estado.

Fundados en estos datos, podemos hacer un cuadro-resumen de las facturaciones posibles a base de la producción de aviones que con los medios actuales que cuenta nuestra industria aeronáutica, trabajando normalmente a un turno, se puede realizar. Este cuadro lo hemos dividido en anualidades, a partir del próximo año.



PROGRAMA PARA EL AÑO 1951

AVIONES	Producción	Motor	Número de motores	Repuesto	Total	Número caballos	Importe del contrato
Bucker	100	«Tigre» GIV-A	100	50	150	18.750	12.000.000
HM1 y HM3 (1)	100	«Tigre» GIV-B	100	50	150	22.500	12.000.000
HS-42	50	«Sirio» SVII-A	50	25	75	37.500	18.750.000
50 % Desarrollo del «Tigre» GVI-A						100 (1/2)	1.500.000 (20).
50 % Desarrollo del «Sirio» SIX-A						375 (1/2)	3.000.000 (20).
Total 1951						79.226 CV.	47.250.000

(1) Las avionetas HM-1-2-3-5 y 9 van provistas todas del mismo motor de 150 CV.

PROGRAMA PARA EL AÑO 1952

AVIONES	Producción	Motor	Número de motores	Repuesto	Total	Número caballos	Importe del contrato
Bucker	100	«Tigre» GIV-A	100	50	150	18.750	12.000.000
HM1 y HM3	100	«Tigre» GVI-B	100	50	150	22.500	12.000.000
HS-42	100	«Sirio» SVII-A	100	50	150	75.000	37.500.000
«Alcotán» (1)	10	«Sirio» VII-A	20	5	25	12.500	3.125.000
50 % Desarrollo del «Tigre» GVI-A						100	1.500.000
50 % Desarrollo del «Sirio» SIX-A						375	3.000.000
Total 1952						129.225	69.125.000

(1) El «Alcotán» va provisto de dos motores radiales de 500 CV.

PROGRAMA PARA EL AÑO 1953

AVIONES	Producción	Motor	Número de motores	Repuesto	Total	Número caballos	Importe del contrato
Bucker	100	«Tigre» GIV-A	100	50	150	18.750	12.000.000
HM1 y HM3	100	«Tigre» GIV-B	100	50	150	22.500	12.000.000
HS-42	100	«Sirio» SVII-A	100	50	150	75.000	37.500.000
«Alcotán»	50	«Sirio» SVII-A	100	25	125	62.500	32.375.000
HM-7 (1) Adaptación 50 % 10 prototipos «Tigre» GVI-A					250	1.250	3.750.000
CASA 202 Adaptación 50 % 10 prototipos «Sirio» SIX-A					750	3.750	15.000.000
Estudio de licencia y planos del motor turbo-reactor							1.000.000
Total 1953						183.750	113.625.000

(1) La avioneta de turismo cuatro plazas HM-7 va provista de motor de 240 CV.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

PROGRAMA PARA EL AÑO 1954

AVIONES	Producción	Motor	Número de motores	Repuesto	Total	Número caballos	Importe del contrato
Bucker	100	«Tigre» GIV-A	100	50	150	18.750	12.000.000
HM1 y HM3	100	«Tigre» GIV-B	100	50	150	22.500	12 000.000
HS-42	100	«Sirio» SVII-A	100	50	150	75.000	37.500.000
«Alcotán»	50	«Sirio» SVII-A	100	25	125	62.500	32 375.000
HM-7	20	«Tigre» GVI-A	20	5	25	6.250	3 750 000
CASA 202 (1)	20	«Sirio» SIX-A	40	10	50	37.500	15.000.000
Estudio y desarrollo del «Sirio» SXIV-A						—	4 000.000
Estudio y fabricación de turbo-reactor y herramental						—	10 000.000
		Total 1954				222.500	126 625.000

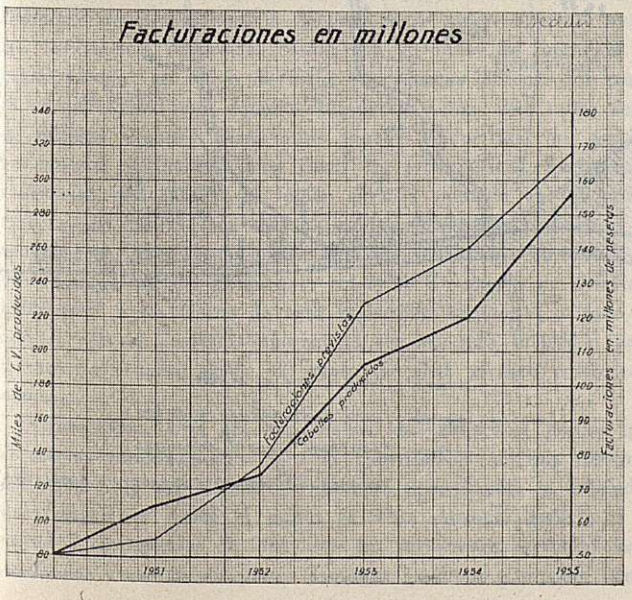
(1) El avión CASA-202 para pasajeros está provisto de dos motores de 750 CV.

PROGRAMA PARA EL AÑO 1955

AVIONES	Producción	Motor	Número de motores	Repuesto	Total	Número caballos	Importe del contrato
Bucker	100	«Tigre» GIV-A	100	50	150	18.750	12.000.000
HM1 y HM3	100	«Tigre» GIV-B	100	50	150	22 500	12.000.000
HS-42	100	«Sirio» SVII-A	100	50	150	75.000	35.500.000
«Alcotán»	50	«Sirio» SVII-A	100	25	125	62.500	32.375.000
HM-7	50	«Tigre» GVI-A	50	10	60	15.000	18.750.000
CASA 202	50	«Sirio» SIX-A	100	25	125	93.750	37.500.000
Estudio y desarrollo motor SXIV-A						—	4.000.000
20 % de fabricación de 10 turbo-reactores						—	2 000.000
		Total 1955				287.500	154.125.000

Podemos aumentar estas cifras en un 10 % de reparaciones, piezas de recambio y otros trabajos; con el resultado obtenemos un gráfico hipotético de producción y facturación anual durante este primer período de reorganización y puesta a punto de la fabricación.

De este gráfico se deduce que al cabo de cinco años la facturación puede alcanzar la cifra de 170.000.000 de pesetas y fijamos en esta cifra aumentada en un 6 % de imprevistos el capital de constitución, o sea, 180.000.000 que precisa desembolsar. Es decir, que a los cinco años se puede conseguir, si se mantiene el programa que hemos establecido, una facturación igual al capital inicial.



Considerándolo, no como un negocio, sino como una empresa que debe mantenerse a expensas del Estado y asegurar a los accionistas un dividendo de un 5 %, este capital sería suficiente, por lo menos, en los primeros años. Teniendo en cuenta, que esta empresa gozaría de todos los privilegios de las industrias aeronáuticas clase A), entre las cuales entra el régimen de anticipos con un 30 % del importe al firmar los contratos y una vez realizado el acopio, podrá concedérsele hasta un 20 % más del referido importe para su empleo en mano de obra.

El material que vaya entregando será satisfecho en el momento de la recepción, descontando el 50 % anticipado; esto permite tener un capital de circulación mínimo.

Elementos aprovechables.—Los elementos aprovechables en instalaciones y maquinaria, son dos: uno, propiedad del Estado incluída hoy día en la Empresa Nacional de Autocamiones, S. A. (E. N. A. S. A.) y otro, privado propiedad de la Elizalde, S. A. Es a base de estas dos aportaciones como podría constituirse una empresa en la que el Estado entre como mayoritario.

Los 180.000.000 de ptas. se pueden dividir en dos partes: 51 %, 91.800.000 pesetas como aportación del Estado, en instalaciones, maquinaria, etc., y capital; y el 49 % restante, 88.200.000 pesetas, a repartir entre Elizalde, S. A., con una aportación en instalaciones y maquinaria y el resto en capital, para ser cubierto por la industria aeronáutica en partes proporcionales a su capital social.

En los dos primeros años se puede tener exacta idea de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

la marcha de la empresa, si se desarrolla bien y si los pedidos se cumplen en el momento de adquirir una licencia de una prestigiosa firma extranjera para el motor que se haya de fabricar de elevada potencia en la versión y tipo que convenga con la modalidad económica más conveniente.

Como resumen vemos claramente que para desarrollar este programa en los primeros años basta solamente con la aportación de Elizalde, S. A.; programa que desde un principio se puede empezar a desarrollar, lo que da una gran facilidad para ir al mismo tiempo construyendo las nuevas edificaciones sin obstaculizar la continuación del trabajo. Esto es de gran importancia desde el punto de vista económico, pues el primer año se puede asegurar un beneficio del 2,5 % a las acciones no estatales y un 5 % a partir del segundo año.

Emplazamiento.—Una fábrica de motores de aviación, como factor importante de la Defensa Nacional, debe cumplir además de otras condiciones la de estar ubicada, desde el punto de vista estratégico, en lugar lo más invulnerable posible a los ataques aéreos. Por consiguiente, la mejor solución sería hacerla subterránea, pero, claro está, el gasto tan enorme que esto implicaría se sale de toda posibilidad.

Podremos resumir las condiciones de emplazamiento que debe satisfacer en las siguientes:

a) Estratégicas.

b) Proximidad a un centro de investigación y experimentación en vuelo.

c) Contar con energía y agua suficiente y fáciles comunicaciones.

d) Lo más próximo posible a un centro fabril.

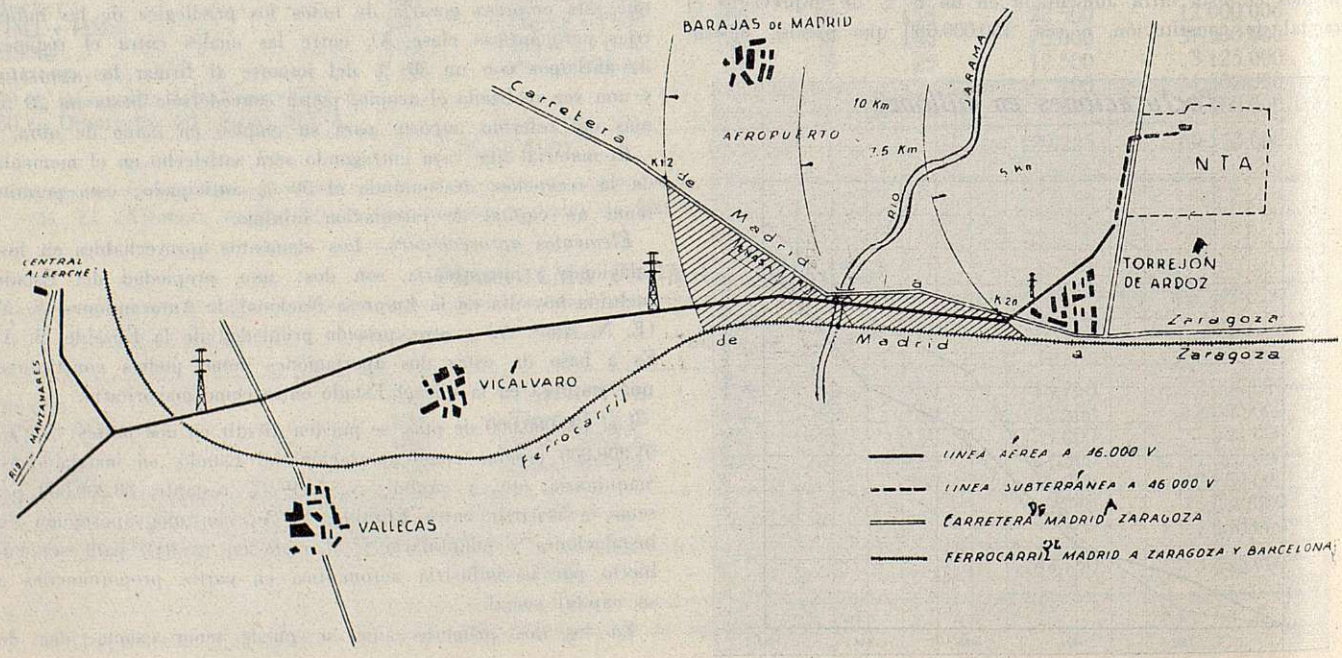
Desde el punto de vista estratégico, conviene, indudablemente, que esté establecida en un lugar situado en el centro de nuestra Península. No encontramos más zonas para que, además, pueda cumplir el mayor número de estas condiciones, que las proximidades de Madrid o de Valladolid, aunque en esta última dejaría de cumplirse la muy necesaria de estar próxima a un centro de experimentación aeronáutico. Al ser este centro, el Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica, nos parece lo más indicado y práctico situarla en las proximidades de Madrid, de tal forma que quede comprendida en un radio de 5 a 15 kilómetros el campo de experimentación del expresado Organismo. Si a partir de dicho aeródromo tomado como centro, trazamos los arcos de círculo correspondientes a aquellos radios, podemos fijar su situación en la parte de sector de corona circular comprendido entre ellos y limitada por la carretera y la línea de ferrocarril de Madrid a Zaragoza y Barcelona.

Esta zona queda establecida entre los kilómetros 12 y 20 de la citada carretera, con lo que quedan aseguradas sus comunicaciones por cualquier medio de transporte.

La proximidad al río Jarama permitiría un suministro de agua suficiente y, al mismo tiempo, su vecindad con las empresas nacionales de autocamiones y rodámenes resolvería fácilmente el problema de la energía eléctrica de que forzosamente necesitan disponer éstas y cuyo proyecto estará, sin duda, estudiado y quizás en ejecución. Además, el Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica tiene previsto el abastecimiento de sus necesidades con una línea en alta tensión de Madrid a Torrejón, que pasa por las cercanías de aquellas fábricas.

Esta línea proyectada con su origen en Madrid, en la subestación transformadora de Saltos del Alberche del Puente de la Princesa, por ser un nudo eléctrico de la mayor importancia, ya que está conectado con las principales líneas de toda España: Saltos del Duero, Hidroeléctrica Española, etc., y además con las Centrales térmicas de Mazarredo y Melancólicos de Madrid, y con las de Ponferrada y de Las Puentes de García Rodríguez

LINEA ELÉCTRICA A 46.000 V. TRAZADO GENERAL DE MADRID AL I.N.T.A



FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

del I. N. I. a través de la línea de 132.000 voltios, Valladolid-Madrid, de Saltos del Duero, conectadas en la Mudarra (Valladolid). Circunstancia que nos garantiza la seguridad del suministro.

La línea se ha proyectado con postes de celosía metálica para dos circuitos trifásicos, de 50.000 voltios, aunque por ahora, las necesidades del I. N. T. A., quedarán cubiertas ampliamente con uno solo. Pero los apoyos estarán preparados para colgar otro circuito.

La capacidad de transporte de la línea proyectada, es decir, de 10.000 KVA. con conductor de cobre de 50 mm^2. Capacidad que puede ser doblada al instalar el segundo circuito.

Solamente una parte de este proyecto está en ejecución por falta de consignación para el resto, pero con ayuda del I. N. I., ya que necesariamente tiene que abastecer de energía a las dos fábricas indicadas, se podría realizar rápidamente.

En el I. N. T. A. se cuenta actualmente con 600 KW suministrados por la subestación transformadora de Loeches y, además, con una central propia capaz para 1.000 KW. Esto es insuficiente, pues, aparte de la energía necesaria para los servicios de sus instalaciones generales, laboratorios y talleres, por término medio 350 KW,; el túnel aerodinámico ya terminado absorbe 650, el banco de ensayo de hélices, 350, y una sola de las salas de pruebas de motores con tobera de viento, necesitará 1.500 KW, lo que hace un total aproximado de 2.840 KW en fecha muy próxima.

Las posibilidades del capital que hemos considerado no permitiría la instalación de un taller de fundición de la capacidad que requiere una fábrica de motores, ni tampoco somos partidarios de ir a una fabricación casi integral, como sucede con la de aviones de bombardeo, pues esto incrementa extraordinariamente el número de horas de trabajo necesarias. Creemos que sería suficiente un taller de fundición experimental de poca capacidad que permita fundir los elementos prototipos e introducir rápidamente las modificaciones necesarias que requiere la continua experimentación. Para la fundición de elementos de serie, sería suficiente valerse de la ya existente en Construcciones Aeronáuticas, S. A., de Getafe.

Respecto a la forja y aceros finos, ya hemos indicado anteriormente nuestra manera de pensar. Si se quiere fabricar motores de aviación, es preciso contar con un taller de fundición de aceros finos y un anejo de forja que permita obtener los materiales de calidad que aquéllos requieren. Como este taller sería de utilidad práctica, para otras muchas industrias, que exigen los mismos requisitos, tales como las aeronáuticas, armamento, rodámenes, etc., parece lo lógico situarla también en las proximidades de Madrid con una capacidad productiva suficiente de acuerdo con las exigencias de aquellas industrias. La experiencia de estos últimos años en lo referente a motores de aviación, habla bien a las claras de esta ineludible necesidad, y todo lo que en ella se invierta repercutiría en un gran beneficio para nuestro país, tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Organización.—Una vez examinados los principales puntos que estimamos fundamentales para la constitución de una empresa destinada a la fabricación de motores de aviación, y señaladas unas directrices desde el punto de vista personal, sujetos a la crítica y susceptibles de introducir las variaciones según las conveniencias y medios de que se disponga, pasamos a exponer cómo, a nuestra manera de ver, debe ser la organización técnica de una empresa tan peculiar como la que tratamos.

La organización debiera ser tan sencilla como fuera posible, y aquellas personas que hayan de asumir la dirección de los departamentos y secciones, deberán ser cuidadosamente elegidas. El buen éxito de la organización dependerá principalmente del grado de flexibilidad y no de rigidez, de la dirección ejercida por el director gerente o ingeniero jefe.

Una empresa de este tipo debe estar dirigida por un ingeniero competente; ni el financiero debe meterse a ingeniero ni éste a financiero; tan malo es lo uno como lo otro, aunque creemos peor lo segundo. El ingeniero tiene como principal misión producir bien y barato, dentro de unas exigencias técnicas mínimas que den la máxima seguridad en la ejecución.

Esta clase de ingeniería que, según el Comodoro Banks, es la «manifestación más elevada del Arte de la Ingenieria» debe estar dirigida por ingenieros experimentados, de preferencia, por aquellos que han pasado por las diversas secciones y actividades y que, al mismo tiempo, poseen cierta capacidad administrativa y recto juicio técnico. Es menester que tengan también los suficientes conocimientos de las demás especializaciones de la Ingeniería Aeronáutica.

En este caso que estudiamos es más importante el factor calidad que la economía; no se puede dejar todo a «ver qué pasa»; esto sólo se puede hacer en los ensayos en tierra, donde toda la técnica de tanteo nunca es bastante; al aire hay que ir con las máximas garantías de seguridad y para esto es preciso tener lo que nosotros llamamos «conciencia aviatoria».

La capacidad de trabajo de una empresa depende de su organización, que la permita fabricar con prontitud los motores prototipos y al mismo tiempo estudiar su desarrollo; una inspección eficaz es absolutamente necesaria.

El Departamento de Inspección de una empresa constructora de motores de aviación, deberá hallarse bajo la dirección del ingeniero jefe, que asuma la dirección técnica de todas las secciones, y que sea responsable de las cualidades finales del motor.

El mantener un perfecto departamento de inspección es una garantía para la Organización. Esta inspección particular no excluye la oficial del Estado, que es el responsable de la observancia de todos los procedimientos de exacta elección de materiales, ejecución, pruebas de tipo y de su aceptación. En ello se incluye la inspección preliminar del motor y de su equipo de prueba, el funcionamiento en las pruebas y la subsiguiente inspección del motor y sus accesorios.

VII.—CONCLUSIONES

Una vez que hemos examinado todos los puntos que consideramos de mayor importancia, no nos queda más que sentar las siguientes conclusiones:

1.ª *La industria deberá disponer de apoyo oficial sin limitaciones, en forma de buenos requisitos técnicos, seguidos de programas que abarquen un período mínimo de, por lo menos, cinco años.*

2.ª *Fijar una política de prototipos como consecuencia de los programas que se establezcan de construcción de aviones.*

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

3.ª *Estudiar las patentes extranjeras de turbo-hélice y turbo-reactores más conveniente para un programa de aviones de guerra.*

4.ª *Completar las instalaciones necesarias para ensayo de motores, elementos y accesorios en el Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica.*

5.ª *Estudiar y construir un taller de fundición y forja de aceros finos.*

Para terminar queremos señalar que hemos procurado, en la exposición de este tema, evitar un excesivo tecnicismo que sólo hubiera dado lugar a una amplitud innecesaria para el fin constructivo que se persigue. El estudio del anteproyecto del desarrollo de los prototipos, exigiría un trabajo de oficina de estudios, demasiado extenso para agregarlos a esta memoria, sin otro objeto que llenar páginas; se ha preferido examinar este aspecto ligeramente y fijar unas directrices que pudieran servir de base para ello. También hemos procurado exponer el problema de la fabricación de motores en España en forma concreta, y tal como la vemos en la realidad, por cruda que ella sea, dejando a un lado optimismos y pesimismos.

La realización de la fabricación de motores de aviación es difícil, y su desarrollo muy caro; todos los países dedican enormes sumas a este fin, y por ser el Estado el que tiene que soportar el esfuerzo necesario, es quien debe resolver con arreglo a sus posibilidades.

Madrid, mayo de 1950

LEYES Y DECRETOS QUE AFECTAN A LAS INDUSTRIAS AERONÁUTICAS

LEY de 24 de octubre de 1939 de protección a las nuevas industrias de interés nacional. (*B. O. del Estado* núm. 298.)

LEY de 9 de noviembre de 1939; creación de la Jurisdicción Industrial Aeronáutica con análogas atribuciones y extensión que tiene la Jefatura Superior de Fabricaciones Militares. (*Boletín Oficial del Estado* núm. 315.)

LEY de 24 de noviembre de 1939 sobre ordenación y defensa de la Industria. (*B. O. del Estado* núm. 349.)

DECRETO (rectificado) de 15 de diciembre de 1939; creación del Consejo Asesor de Industrias Aeronáuticas. (*B. O. del Estado* núm. 353.)

DECRETO de 30 de diciembre de 1939 de protección a las Industrias Aeronáuticas. (*B. O. del Estado* núm. 6 de 1940.)

DECRETO de 10 de febrero de 1940 sobre concesión de auxilios para la implantación y desarrollo de las industrias declaradas de interés nacional. (*B. O. del Estado* núm. 56.)

DECRETO de 26 de abril de 1940; dicta normas para la reorganización de las Industrias Aeronáuticas. (*B. O. del Estado* número 149, págs. 3620 a 3622.)

CIRCULAR de 28 de mayo de 1940 con el Reglamento provisional del Consejo Asesor de Industrias Aeronáuticas. (*Boletín Oficial del Estado* núm. 151, págs. 3672 a 3674.)

ORDEN de 30 de mayo de 1940 que se rectifica el artículo 19 del Reglamento Provisional del Consejo Asesor de Industrias Aeronáuticas. (*B. O. del Estado núm.* 164, pág. 4046.)

CIRCULAR de 12 de junio de 1940 que regula los Organismos ejecutivos de la Jurisdicción Industrial Aeronáutica. (*Boletín Oficial del Estado* núm. 180, pág. 4427.)

Por figurar en el Orden del Día, además de los trabajos estudiados, el que lleva el número 181, titulado LA CONSTRUCCION NACIONAL DE MAQUINARIA TEXTIL, y del que es autor el Ingeniero Industrial don José María Cornet Cocurny, se hace constar que tal trabajo no ha sido recibido por la Mesa.

Y sin más asuntos que tratar, el señor Presidente levanta la sesión a las 18,45 horas.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

SECCIÓN 3.ª

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

GRUPO VIII
SECCIÓN 3.ª

II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA
(28 de mayo a 3 de Junio de 1950)

ACTA DE LA SESION CELEBRADA EL DÍA 30 DE MAYO DE 1950

Se abre la sesión a las diez de la mañana, constituyéndose la Mesa con el Presidente don Félix Aranguren Sabas, Ingeniero de Minas, el Vicepresidente, don José Meseguer Pardo, Ingeniero de Minas, y los Secretarios don Rafael Altamira Redondo, Ingeniero Industrial, y don José María Arto Madrazo, Ingeniero Geógrafo.

Como no está presente el autor del trabajo que a continuación figura, el Secretario da lectura al resumen y conclusiones del mismo, que es el:

N.º 12 - Importancia actual de la mejora del rendimiento laboral

Autor: D. VÍCTOR DE BUEN LOZANO
Ingeniero Industrial y Aeronáutico

Las perturbaciones económicas que, como secuela inevitable de las guerras, se producen durante ellas y depués de finalizadas, exigen a los Estados de las naciones afectadas el que, en cumplimiento de su misión de salvaguardar los intereses comunes, intervengan de una manera activa en la vida económica del país. Estas actuaciones tuvieron manifiesta expresión después de la guerra del 14-18, y quizás más agudas o, cuando menos, más extendidas, al finalizar la última conflagración, cuya extensión mundial ha generalizado a todo el orbe la intervención del Estado. Nos encontramos, como consecuencia de ello, en un período de planificaciones nacionales en el que los Gobiernos actúan sobre todos los campos del proceso económico, llegando, incluso, con abandono de las teorías clásicas del carácter neutro de la moneda y del crédito, a manipulaciones monetarias y fiscales.

Los resultados de las planificaciones nacionales, especialmente de las adoptadas por los países económica o políticamente fuertes, no se limitan al campo privativo de cada país. Su proyección internacional es inmediata, mucho más cuanto que la preocupación de nivelar la balanza del comercio exterior y el desajuste de los mercados tradicionales de venta, les lleva a modulación de las compras a otros países y a favorecer y forzar las exportaciones. El camino seguido por los más fuertes se impone a los más débiles, y así, la planificación económica y el intervencionismo estatal, resultan inevitables, en estos momentos, para encauzar las energías disponibles y alinearlas, con la mayor eficacia posible, en el campo económico nacional e internacional. Surge de aquí, forzadamente, la necesidad primaria de obtener el máximo rendimiento de los recursos nacionales y, entre ellos, de la industria, acusándose aún más este problema en un mundo empequeñecido por el progreso de la técnica, porque los intervencionismos parciales tienden a disminuir el tráfico internacional y los desplazamientos de la mano de obra de unas naciones a otras, conduciendo a limitaciones en la división internacional del trabajo. Evidentemente, los países pequeños, en dimensiones económicas, o aquellos cuya vida depende en alto grado de sus exportaciones, sufrirán más agudamente las perturbaciones a que conduce el reflejo mundial de las planificaciones nacionales.

De esta somera exposición nos interesaba destacar una consecuencia: que si siempre ha sido necesario un elevado rendimiento de la producción de bienes de consumo, en la actualidad constituye una preocupación de primera magnitud. Ahora bien, el amplio concepto de rendimiento obliga a buscar un índice para su valoración, en el aspecto económico a que me vengo refiriendo. En un sistema liberal y un mundo estabilizado, podría echarse mano del precio de venta, relacionado siempre con la calidad del producto, precio que, para Mises, viene determinado por las condiciones objetivas del mercado y no por la voluntad o fantasía de los compradores y vendedores. Pero este índice es de difícil manejo en las circunstancias actuales creadas por las planificaciones nacionales y la inestabilidad de los mercados. En un hipotético régimen de libre cambio puro, se produciría, probablemente, una concentración internacional de la producción de bienes en aquellos territorios para los cuales los costos de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

producción fuesen menores, así como un desplazamiento de la mano de obra a regiones donde los salarios fuesen más altos, y el precio internacional de los bienes de consumo vendría determinado por el obtenido en óptimas condiciones; pero el intervencionismo, ejerciendo fuerte presión sobre este libre juego, mantiene el consumo de productos nacionales a precios elevados y actúa sobre las transacciones interiores, y las que se producen a través de sus fronteras, para evitar su influencia sobre estos precios, a la par que regular, como ya se indicó, la balanza de pagos.

La distorsión que con ello se produce en los precios llega incluso a transformarlos en totalmente ficticios, y conduce, unida a la falta de estabilidad de los mercados, a variaciones de los mismos en períodos cortos. La deficiencia del precio de venta, como representativo del rendimiento económico, se acusa aún más por la influencia de diversos factores que conducen al sostenimiento de producciones con independencia del precio resultante e incluso de su rentabilidad. Entre estos, pesan considerablemente: la implantación de planes autárquicos en la producción de recursos bélicos, impuesta por la inestabilidad del mundo de la postguerra; las exigencias de carácter político o social a las que, con frecuencia, se supeditan los problemas de tipo económico, por necesidad o por defender una posición doctrinal de gobierno; la precisión de producir bienes de consumo, o sucedáneos de los mismos, que compensen la imposibilidad, o la dificultad extrema, de adquirirlos en el exterior, y así mismo, la inconsciente «alegría» en los negocios a que han conducido ciertos aparentes períodos de prosperidad, fomentada por inflaciones en momentos de escasez, que, como en todos los casos anteriores, producen perturbaciones profundas en los precios de venta. De aquí que el índice más adecuado para valorar el rendimiento productivo —me refiero principalmente, en toda esta exposición, al industrial, aun cuando muchos de los aspectos que se apuntan tienen carácter general— no sea el precio de venta, sino el de costo, y precisamente el técnico, tal como lo define Garau, si bien la comparación internacional del precio de venta puede tener interés en cuanto a efectos de posible competencia en mercados exteriores, siempre teniendo en cuenta la ficción internacional de los cambios.

Para nadie es desconocido que este panorama internacional tiene marcados reflejos, como no podía ser menos, en España, agudizados quizás, en ciertos aspectos, por reunir la condición de país pequeño —a que antes aludía— y exportador de materias primas, y por el desarrollo de nuestras relaciones internacionales matizadas por la política imperante en determinados países. Nuestra industria, obligada a un funcionamiento forzado durante nuestra guerra interior; destruída en parte, imposibilitada para renovar su maquinaria y equipo productor por insuficiencia, en calidad y cantidad, de nuestra producción de equipos y por carencia de medios suficientes para compensar esta deficiencia mediante compras en el exterior; limitada, además, la cantidad y calidad de las materias primas de que dispone y, en el primer aspecto, en lo que se refiere a la energía necesaria para el accionamiento de los medios de producción, se encuentra hoy en deficientes condiciones de rendimiento que la colocan en situación sumamente desfavorable ante el panorama nacional e internacional. Si aquella «alegría» en los negocios, que antes mencioné, pudo mantener buenos beneficios a expensas de una inflación de precios —extra legal con frecuencia—, las circunstancias han hecho iniciar su lógico y esperado declive, y ello hace imperioso, imprescindible, la búsqueda de soluciones que conduzcan con rapidez al adecuado equilibrio.

La conclusión, que con carácter general se hizo destacar, es por ello más rotunda, si cabe, en nuestro ámbito nacional: es necesario, y rápidamente, mejorar el rendimiento económico de nuestra industria y, como consecuencia, los costos técnicos de producción.

Para la obtención de este resultado interesa destacar que elementos son los que intervienen en la formación del precio de costo técnico para deducir sobre cuáles de ellos interesa actuar con mayor intensidad. Fundamentalmente pueden señalarse los siguientes: *a*), la materia prima; *b*), la energía primaria; *c*), las condiciones del equipo productor; *d*), la cantidad y calidad de lo producido; *e*), el factor humano en sí y en su relación con la labor profesional que deba realizar, y *f*), la organización de la producción. Prescindimos de los factores comerciales y financieros y de los dependientes de las condiciones del mercado, que actúan fundamentalmente sobre el precio de venta, aun cuando se reflejan sobre el de costo especialmente por su acción sobre el elemento *d*).

En el desarrollo de cada uno de los aspectos que intervienen en el precio de coste es necesario, para obtener las óptimas condiciones del mismo, llegar al máximo rendimiento económico, estrechamente ligado a las condiciones técnicas del producto que el mercado exige sigan el progreso constante que es característico de nuestro tiempo. Ahora bien, el problema que interesa abordar, como ya apunté, es el definir, dentro de las condiciones en que se encuentra nuestra industria y nuestra economía, sobre cuál de ellos debe actuarse. La respuesta es obvia: sobre todos ellos, y aun, sobre los que, interviniendo en el precio de venta, pueden ampliar los mercados permitiendo el incremento de las unidades producidas, base frecuentemente imprescindible para conseguir un precio unitario reducido de los productos.

Sin embargo, precisa modular cuantitativamente esta cuestión. De todas las acciones posibles, ¿cuáles pueden permitir la rápida rebaja del precio de costo que reclama la situación de nuestra producción industrial? Para apuntar las soluciones a esta nueva cuestión precisa examinar, aun cuando con obligada brevedad, las posibles intervenciones sobre los elementos que actúan en la formación del precio de costo.

a) y b) *Primeras materias y energías.*—Su intervención en el costo de producción emana de su calidad, de su cantidad, de la regularidad de su suministro, de la posibilidad de modular sus adquisiciones en los momentos más favorables y de su precio. En definitiva, del precio de adquisición de la que reúna las óptimas condiciones para la producción de los bienes de consumo de que se trate, y del ritmo de la oferta y demanda. La mejora de estos elementos dependerá de los mismos factores generales que antes se han apuntado, especialmente si se trata de un producto semimanufacturado, y, además, de otro al que antes no se hizo mención: el transporte, en cuanto a precio, regularidad y capacidad. Las limitaciones en el tráfico internacional y la carencia de divisas, influyen también en el sentido de exigir una forzada utilización de los recursos propios, en ocasiones de calidad inferior y en otras inexistentes, obligando al empleo de sucedáneos.

Es evidente que la producción económica y regular de ciertas

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

primeras materias básicas, inclusive entre ellas las semimanufacturadas, es imprescindible estimularla aún a costa de otras producciones. En una planificación es preciso, como en toda obra constructiva, asegurar con firmeza los cimientos. Sin tener la garantía de una producción adecuada de los artículos básicos y del suministro de energía para los equipos industriales que se traten de montar, y sin el establecimiento de las industrias capaces de producir estos equipos, o lo más fundamental de los mismos, toda planificación está expuesta al fracaso si ha de basarse en una limitación de compras en el exterior. Pero todos estos procesos —muchos de los cuales han sido emprendidos en España— requieren plazos más o menos largos de ejecución. Pensando en acciones inmediatas debe partirse de la base de que gran parte de los elementos básicos de carácter primario llegan hoy a la industria en condiciones inadecuadas y que, para casi todos ellos, la resolución inmediata del problema es inasequible e, incluso, independiente de la voluntad de los hombres. Ejemplo de ello, desdichadamente, lo da la deficiencia actual en el suministro de energía eléctrica; pese al empeño puesto en el aumento de la capacidad productiva de las instalaciones generadoras y en la mejora de los suministros de combustibles, las condiciones excepcionales de carácter meteorológico, han conducido a la aguda crisis actual.

Cabe, sí, una acción de carácter casi inmediato: evitar el despilfarro de las materias primas y de la energía. En este camino hay mucho que hacer en nuestra industria y sería de extrema utilidad el organizar eficazmente medios de evitar este despilfarro.

c) *Equipo productor.*—En numerosas ocasiones se ha hecho resaltar la deficiencia de nuestro equipo productor, considerablemente desgastado y falto de adaptación a las condiciones requeridas actualmente por la técnica. Y no lo ha sido menos la expresión de las grandes dificultades que se presentan para su renovación y modernización, por la insuficiencia de la producción nacional y las dificultades de adquisición en el exterior. Como ya se ha señalado, uno de los puntos que más debieran tenerse en cuenta en una planificación industrial de España, es este aspecto de la implantación de manufacturas de máquinas, máquinas-herramientas, elementos para la industria química y de producción en general, amparada en el establecimiento de laboratorios y medios de investigación, perfectamente dotados y al corriente de la evolución internacional en la fabricación de estos elementos. Pero el caso es análogo al anteriormente expuesto y dependiente, en gran cuantía, de que aquel sea resuelto, por lo que las perspectivas de una rápida solución sólo pueden vislumbrarse en ciertos aspectos parciales y limitados a pesar de la importancia —quizás una de las fundamentales— que tiene en la formación del precio de coste, y de que el problema se relaciona, no solamente con la posibilidad de incrementar y mejorar nuestro grado de industrialización, sino con el de la mera conservación de nuestra actual capacidad productiva, llamada a reducirse en forma considerable si no se renueva el equipo productor.

d) *Cantidad y calidad de lo producido.*—La producción de artículos de tipo análogo en gran escala; la normalización de características de los productos; la fabricación de las mejores calidades posibles atendiendo a las primeras materias disponibles y a los sucedáneos de aquéllas de que se carece; la puesta en práctica de la obtención de los artículos que van apareciendo en los mercados internacionales, etc., permiten, evidentemente, mejorar los costos de producción. Estos problemas vienen a su vez ligados con el de la capacidad de absorción del mercado nacional y, para los artículos susceptibles de exportación, del internacional. El progreso técnico ha superado a la evolución política del mundo, y hoy, con escasas excepciones, los ámbitos nacionales resultan insuficientes para absorber las producciones industriales de gran serie, que son las que conducen a bajos costos técnicos por el aprovechamiento integral de las máquinas de gran rendimiento por unidad de tiempo. Si en este último aspecto no puede esperarse una acción rápida, y en otros de los consignados su efectividad reclama tiempo —pese a haberse iniciado algunos de ellos— y minuciosas investigaciones, dentro de este aspecto de la cantidad y calidad de lo producido cabe, no obstante, realizar una labor rápida y efectiva por las industrias privadas, pero más bien, para los problemas más fundamentales, se trata de aspectos comprendidos en el apartado último de los que se han considerado.

Quedan, finalmente, por examinar los factores *e)* y *f)*, que afectan al elemento humano, como coadyuvante de la producción y como mentalidad organizadora de la misma. Y la conclusión inicial que se desprende de la breve exposición realizada —que como todas las resumidas adolece de todos los defectos inherentes a una concreción excesiva— es que, si en las condiciones actuales resulta difícil una acción inmediata sobre los anteriores elementos estudiados, que permita mejorar, rápida y sensiblemente, el precio de coste técnico y, por lo tanto, el rendimiento y eficiencia de nuestra industria, resulta imperioso actuar sobre los que restan, es decir, sobre el factor humano, en sí y en su relación de la industria, labor también del hombre.

El tema no es nuevo. Constantemente pueden leerse en la prensa que gobernantes, o técnicos, de los países más poderosos y de los más débiles, se dirigen a sus naciones reclamando, angustiosamente, a veces, un aumento del rendimiento laboral, en constante merma desde que terminó la guerra mundial. Y si este problema se plantea para quienes no sienten, con la agudeza de España, las dificultades de mejora de los equipos productores, o del suministro de materias primas, ¡cuánto más necesario será el conseguirlo en el caso de nuestra industria!

El aumento de la eficacia del esfuerzo laboral, como la adecuada organización del trabajo y de la industria, son susceptibles de una mejora relativamente rápida, especialmente cuando ambos han sido abandonados. Para el primero habrá de tropezarse siempre con la influencia de factores psicológicos, que afectan también al segundo, aun cuando reducidos a la necesidad de combatir la rutina y falta de espíritu progresivo de muchos industriales. Indudablemente, la intervención de la compleja personalidad, particular y colectiva, del hombre, dificulta la resolución de estos problemas y los hace rozar con otros de carácter social. Pero cuando la necesidad obliga, es preciso superar los problemas individuales y generales si, restringidos al ámbito nacional, tiene el Estado recursos para conseguirlo. En este caso, se conoce y se sabe de qué potencial humano se dispone, en cantidad y calidad, sin que sobre él influyan condiciones sobre las que no se pueda actuar por depender de procesos de carácter internacional o, como en el caso de la energía eléctrica, de ciclos meteorológicos contra los que el hombre nada puede.

Por mucho que progrese el maquinismo, el hombre siempre será el eje de la producción y el único capaz de realizar actos

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

voluntarios y conscientes. La deficiencia del equipo productor puede contrabalancearse —hasta un cierto límite, cuando menos— por una superación del que lo maneja, y este camino es el que, cerrados otros de solución rápida, es imperiosamente necesario seguir.

El rendimiento de nuestra mano de obra ha experimentado en estos últimos años, como en todo el mundo, una disminución constante. Muchos son los factores que en ello han intervenido; destacaré, sin embargo, dos de señalada importancia: la insuficiencia del poder adquisitivo del obrero y la merma en los hábitos y prácticas del trabajo. No ha de ocultarse que una parte de la responsabilidad de que así ocurra la tiene la propia industria —en esta afirmación, como en todas las que se han hecho con carácter de generalización, existen laudables, pero contadas, excepciones— al dejarse llevar, por una parte, por la corriente inflacionista de los precios y, por otra, al mantener una marcha de tipo más comercial que industrial, en la que los problemas de fabricación, y entre ellos los de rendimiento y organización de la mano de obra y de la industria, pasaban a un plano secundario ante el manejo de los precios de compra de las materias primas o los de venta de los productos, impregnado en ocasiones, desdichadamente, por la tónica de descenso de la moralidad ambiente que sigue siempre a los períodos bélicos. La intermitencia del trabajo, motivada por las inmovilizaciones del equipo productor por falta de energía motriz, con su secuela de jornales no productivos, e incluso los fáciles beneficios del mercado negro, han sido también factores de influencia marcada sobre los obreros.

Para combatir los dos efectos señalados se hace preciso aumentar la capacidad adquisitiva de los productores y regularizar su trabajo. No son éstos sólo, sin embargo, los elementos que deben considerarse. El incremento del rendimiento de la mano de obra no depende exclusivamente de satisfacciones materiales y de organización, hay otros factores de tipo espiritual que no cabe ignorar y en los que tiene una influencia evidente el ambiente de trabajo y del hogar. Dentro de los variados elementos que influyen en el rendimiento laboral, cabe distinguir, por su importancia, los siguientes: *a*), la educación de cada hombre al trabajo que realiza; *b*), el poder adquisitivo que le proporciona el salario; *c*), el incentivo económico de poder aumentar sus ingresos con el aumento de su rendimiento laboral; *d*), las condiciones de salubridad, higiene y seguridad del trabajo; *e*), la especialización y correcta organización de las tareas; *f*), el «clima» social y moral del trabajo.

La adecuación del hombre al trabajo, es decir, el colocar a cada hombre en el trabajo profesional que más coordinado esté con sus específicas características psico-fisiológicas, o, cuando menos, la selección para cada profesión de los debidamente dotados para ejercerla, es, probablemente, el problema crucial del rendimiento laboral. Este no será nunca bueno si quien efectúa una labor no reúne las condiciones de aptitud necesarias y convenientes para ejecutarla; si las posee en grado muy superior al necesario se considerará rebajado en su rango social y falto de estímulos para resolver problemas constantemente sencillos para él; si sus aptitudes son deficientes, se verá superado por las dificultades de su labor, adquiriendo un complejo de inferioridad. Además, la influencia de la inadecuación entre el hombre y su profesión tiene reflejos de carácter social; el hombre trata siempre de buscar el origen de sus fracasos en causas ajenas a sí mismo, y en el fracaso laboral las atribuye, con harta frecuencia, al medio que le rodea o a sus superiores jerárquicos, fomentándose la creación de sentimientos antisociales. La selección profesional, y la orientación del mismo carácter, realizadas mediante los métodos psico-técnicos, perfectamente consagrados por una larga práctica, permiten abordar, sin necesidad de grandes dispendios, la resolución de este importantísimo problema, en tiempo relativamente reducido.

El aumento del poder adquisitivo de la mano de obra no se consigue, en general, con el simplista procedimiento de la elevación de los salarios. Las experiencias realizadas para la revalorización de la capacidad adquisitiva de la población obrera han puesto de manifiesto que, en definitiva, no conduce a los resultados apetecidos si se reduce a un aumento de las remuneraciones cuando la producción disminuye o permanece estacionaria, o si se realiza a expensas de una disminución de los beneficios de las empresas. Los ensayos de Roosevelt dieron un resultado más eficaz que otros —las experiencias francesas, por ejemplo—, porque se toleró, e incluso estimuló, el incremento de estos beneficios, asociando los aumentos de salario con medidas de tipo financiero, como la devaluación monetaria. En todo caso, el manejo de los salarios ha de realizarse con extrema cautela, porque, como cualquier otra reforma de carácter social, repercuten de manera inmediata sobre los costos de producción; sólo un conjunto de medidas perfectamente armonizadas en las que colaboren, para su adopción y vigilancia de su efectividad, varios departamentos ministeriales, pueden conducir a que, asociadas con los aumentos de salarios, conduzcan a un incremento real del poder adquisitivo de la mano de obra. Cuando por querer conservar la tónica de unos beneficios elevados —exagerados, sería mejor— en la venta de artículos de consumo corriente, se mantiene por los productores, o por los intermediarios, el camino de un constante aumento de precios, aun en los períodos de manifiesta depresión, parece que se conseguiría una mayor efectividad actuando sobre los mismos, dejando, incluso, que los regulase el libre juego de la oferta y la demanda, con una moderada intervención estatal que, en otros elementos que puedan influir sobre su rebaja, pudiera tomar características más acusadas. Por otra parte, si una política de disminución de los costes de producción llega a resultados eficaces, la disminución de los mismos repercutirá en la de los precios de venta, aumentando el poder adquisitivo de los salarios si no varía la cuantía de los mismos.

Más eficacia que la de un aumento de salarios básicos puede tener, en el doble aspecto de mejora del rendimiento industrial y de aumento del poder de compra de la población obrera, el estímulo en el aumento del rendimiento laboral mediante un incentivo económico debidamente ponderado y resultante de un reparto equitativo del beneficio que produzca entre la mano de obra y el empresario. No es preciso detenerse en el estudio de la forma de realización práctica de este tipo de salario con incentivo, ya que son sobradamente conocidos los sistemas cuidadosamente establecidos por los especialistas. Pero sí interesa llamar la atención sobre dos hechos: el primero, que la implantación de sistemas de salarios con incentivo puede iniciarse en un período muy breve; el segundo, que su establecimiento actúa en forma inmediata sobre las disminuciones voluntarias o la atonía ge-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

neral del rendimiento laboral al fijar una tarea mínima. Recientemente ha sido preciso reglamentar, en el ramo de la construcción, las tareas mínimas, y es evidente que esta medida sería de gran eficacia para los restantes sectores de la producción, pero no lo es menos que, en la mayoría de los casos, no resulta posible llegar a una generalización absoluta, requiriéndose el establecimiento por cada industria particular, por cada unidad industrial aislada, de su sistema de salarios. La contrapartida evidente de todo derecho social, es la exigencia de un deber del mismo carácter. Dentro de la amplia legislación que actualmente protege al obrero, justificada siempre, interesa que la acción del Estado manifieste esta tendencia, y la contrapartida a que aludía, aparte de las lógicas exigencias de carácter social y moral, es, sin duda, la justa contribución del obrero a la tarea nacional mediante el desarrollo de un adecuado rendimiento mínimo que, además, interesa para su propio bienestar, especialmente en períodos en que de él puede depender el equilibrio económico del país.

Dentro de las normas protectoras de la mano de obra, las inherentes a la salubridad, higiene y seguridad del trabajo, tienen un reflejo evidente en el precio de coste. Las impresionantes cifras que constantemente se barajan, sobre el número de horas perdidas para la economía nacional, por los accidentes y enfermedades profesionales, serían suficientes para justificar este aserto. Pero también afecta al rendimiento de las horas productivas. Una iluminación conveniente, una ventilación adecuada, una temperatura y grado higrométrico comprendidos en la zona de «confort», un local de trabajo alegre y cuidado, tienen una influencia señalada en la satisfacción y comodidad de ejecución de la tarea diaria y, en consecuencia, sobre el rendimiento de la labor. Mucho ha progresado nuestra industria en este sentido, pero nuestras pequeñas fábricas y talleres y más de una calificable de grande que no ha seguido el progreso acusado por otras en este sentido, adolecen de condiciones deficientes, e incluso muy deficientes, en el aspecto que acaba de señalarse. La exigencia de unas correctas condiciones de los locales y ambientes de trabajo debieran ser marcadamente rígidas, ya que la falta de ello puede malograr cualquier tentativa de mejora del rendimiento laboral. Dentro de estas condiciones, existe un mínimo cuya implantación puede realizarse en corto plazo y sin costo excesivo. Otras, entre las que cabe incluir las condiciones de vida del obrero fuera de la fábrica, y, especialmente, su vivienda, han de abordarse a largo plazo.

La especialización, la división del trabajo y la organización de las tareas, ajustadas a las condiciones que marca la Ciencia del Trabajo, es otro de los elementos que influyen en el rendimiento laboral. La selección y orientación profesional coadyuvan en esta labor y la enseñanza obrera y el aprendizaje psicotécnico la completan en los dos primeros aspectos. No cabe realizar una labor ultimada sin un amplio plazo que permita la creación de suficientes escuelas de trabajo —en este aspecto se ha realizado ya mucho—, pero sí mejorar las condiciones actuales en forma sensible. La selección del personal, la discriminación de las fases en que puede dividirse cada labor para encargar cada una de ellas a un especializado, la ordenación y establecimiento de las tareas por una oficina de preparación de trabajo, la creación por las empresas, aisladamente o asociadas, de escuelas de aprendizaje en las que el futuro obrero no pierda lastimosamente el tiempo, como hoy ocurre con los aprendices abandonados a sus propios medios en un taller que les resulta hostil, son problemas que pudieran y debieran resolverse en un tiempo corto.

Más complejo es el problema de la creación del clima social y moral del trabajo y del trabajador, ya que afectan a estratos más profundos de la personalidad psíquica del hombre, y vienen afectados por una serie de factores concomitantes ajenos a la labor profesional en sí, e influídos, incluso, por situaciones de orden internacional. Ajeno este problema a la Técnica y, en parte, a la Economía, y tratándose de asunto que no cabe abordarlo en unas breves notas y que requeriría una profunda preparación psicológica, que estoy lejos de poseer, omitiré el examen de su influencia sobre el rendimiento laboral.

Como colofón de los aspectos examinados, está su coordinación correcta por el empresario, lo que reclama una organización eficiente de todo el proceso productivo. Sin organización, sin el convencimiento de la utilidad del trabajo que se realiza y de una razón de ser dentro de un engranaje armónico, sin el reconocimiento de una mentalidad directiva en quien manda y sin la seguridad de que se nos propocionara todos los medios adecuados y lógicamente posibles, para la realización de una tarea, no se realiza ésta con satisfacción, y el rendimiento se reduce. Sin un plan, por parte del empresario, la producción, marchando de improvisación en improvisación, no puede ser eficaz. Se entra así de lleno en la necesidad de que la industria siga las normas que señala la organización científica del trabajo.

Los no enterados mantienen el criterio erróneo de que este tipo de organización sólo es factible en los países super-industrializados y únicamente asequible a la gran industria. Un análogo razonamiento llevaría a establecer que únicamente los Estados pueden organizarse y no las familias. Nada hay que no pueda ser motivo de organización, adaptada, desde luego, a su modalidad específica y a su magnitud o su modestia; lo que sí es evidente es que lo no organizado no funcionará nunca bien. En cuanto a otra de las objeciones típicas, la de que la organización científica es cara, se refuta simplemente, cuando al aspecto económico afecta, diciendo que, si es cara, no es científica; para cada cosa existe un tipo de organización que puede no parecerse en apariencia a la que se adopta por la gran industria.

No es necesario extenderse más en aspecto sobre el que tanta literatura existe. Creo que resiste a toda crítica el hecho de que la organización, llámesele científica o práctica, técnica o económica, conduce a un aumento de rendimiento. También saben perfectamente quienes tienen un contacto constante con la industria lo abundante que es la falta de organización científica, práctica, técnica y económica. Su implantación permitiría, por ello, en plazo breve —medido como siempre con un concepto de relatividad— una sensible mejora del rendimiento de nuestro conjunto industrial.

Interesa examinar otro aspecto de este problema: la extensión de la organización a grupos de empresas o a conjuntos de una rama productora. Como es bien sabido —y ya se señaló antes—, la especialización industrial, con fabricación de un número reducido de artículos desiguales, influye muy marcadamente en el

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

precio de coste. En casi toda España y más pronunciadamente en ciertas regiones en las que han arraigado industrias tradicionales cuya unidad técnica de producción permite económicamente la subsistencia de la pequeña empresa en competencia con la concentrada, existe una atomización industrial fomentada por nuestro individualismo racial. Si, en condiciones normales, pudiera ser recusable el ejercer una influencia sobre las modalidades de los artículos que cada una de estas industrias o talleres pequeños trata de producir para ajustarse, según su juicio de visión limitada, a las condiciones y demandas del mercado, cuando se trata de períodos críticos, en los que puede peligrar la subsistencia de muchas industrias y en los que hay que extremar la vigilancia sobre el desarrollo de la economía nacional, podría ser oportuna una intervención reguladora de las modalidades de los artículos producidos, conducente a una especialización y división del trabajo entre cada grupo industrial que llevara a la reducción del número de artículos fabricados en cada taller o manufactura. La diseminación de los procesos industriales, a que obligó la guerra ante la necesidad de suprimir blancos concentrados para la aviación y los resultados obtenidos mediante ella, se han traducido en una corriente de descentralización de la producción —movimiento pendular, por otra parte, como reacción a criterios centralizadores anteriormente en boga—, distribuyendo sus fases en varios, muchos, a veces, talleres especializados en una operación o en la manufactura de un determinado elemento. El individualismo español se presta a un proceso del tipo apuntado, coordinando las actividades de varias fábricas o talleres —cuyos propietarios difícilmente se avendrían a unirse en una sola empresa productora— para constituir una unidad de producción conservando la individualidad especializada de cada taller cuya producción se vertería sobre una o varias industrias dedicadas a la terminación y montaje. Hoy, la capacidad de nuestros obreros o industriales modestos, unida a su genialidad y facultad de improvisación, les llevan a hacer de todo a todos, con el consiguiente aumento de los precios de coste.

La agrupación de empresas para cumplir fines comunes permite, además, abordar problemas que no resultan posibles para individualidades de reducida envergadura. Antes se ha hecho referencia a las escuelas de aprendices y análogamente cabe hacerlo con los centros de investigación, de organización científica del trabajo, de selección y orientación profesionales y otros tantos de los que se han señalado a lo largo de esta exposición.

CONCLUSIONES

El ligero examen que se ha realizado no tiene más que una sola pretensión: destacar la necesidad —que todos reconocen— de aumentar el rendimiento económico y técnico de nuestra industria y señalar que, en las condiciones actuales del mundo de la postguerra y en las específicas de España, el procedimiento más rápido para producir una mejora de aquél es el aumento del rendimiento laboral, problema que, para nuestra Patria, ante las dificultades para seguir otros caminos de eficacia inmediata y ante la situación actual de nuestra producción, se transforma en una necesidad imperiosa que debe cubrirse, sin dilaciones, mediante una eficaz acción de la industria, apoyada y sostenida por el Estado.

Para conseguir un aumento del rendimiento laboral es necesario resolver varios problemas, algunos de los cuales requerirían largos plazos para conseguirlo. Por su eficacia y la posibilidad de solventarlos o estimularlos con relativa rapidez, destaca la conveniencia de implantar la selección y orientación profesionales y la clasificación del personal, por métodos psico-técnicos; la especialización y organización correcta de las tareas profesionales; la exigencia del cumplimiento de unas condiciones mínimas de salubridad, higiene y seguridad del trabajo y, con carácter preeminente, el establecimiento de salarios con incentivo, fijando una tarea mínima y la organización científica de la producción, extendida a la agrupación de empresas para fines comunes y para la especialización de sus producciones.

Sin perjuicio de la necesidad de abordar la resolución de los otros problemas que afectan en forma preeminente a la mejora del rendimiento industrial o proseguir activamente en caminos ya emprendidos, sin excluir los que afectan a manipulaciones monetarias o crediticias, tanto con vistas al ámbito nacional como al mercado internacional, sería de interés que por el Estado, con un examen conjunto de la cuestión por los varios Ministerios interesados, se estimulara y aún se exigiera la realización de un programa de mejora del rendimiento laboral en corto plazo.

Vallvidrera, agosto de 1949.

Al término la lectura de estas conclusiones se abre amplio debate sobre las mismas, en el que intervienen los Congresistas señores Colomina, Navarro, Lapuente, Pagola, de Blas, Menéndez y Balbás, y, ante la complejidad del problema que se estudia y que afecta a industrias de muy diversa índole, y por intervenir el factor espiritual, tan difícil de valorar, la Presidencia resume las anteriores intervenciones y propone celebrar una segunda reunión el siguiente día 31, a las diez de la mañana, con todos los congresistas interesados en el tema, para llegar a una redacción definitiva de las conclusiones. Celebrada en el día y hora indicados la reunión propuesta, se acordó presentar al Pleno las siguientes conclusiones:

1.ª Se estima conveniente que el Estado limite su intervención laboral a aquellos aspectos necesarios para salvaguardar los intereses obreros.

2.ª Se estima lo más eficaz, para que los obreros aumenten sus rendimientos, que perciban en mano cantidades mayores que las que actualmente perciben, para lo cual se considera

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

necesario se limiten, en cuanto sea posible, las actuales cargas sociales, incrementando a los jornales reales los ahorros así conseguidos.

3.ª Que se ayude mediante desgravación de cargas fiscales a aquellas empresas que, de una u otra forma, entreguen a sus obreros participaciones de beneficios en cualquier forma que sea, y, cuando menos, que no se graven estas entregas con cargas sociales.

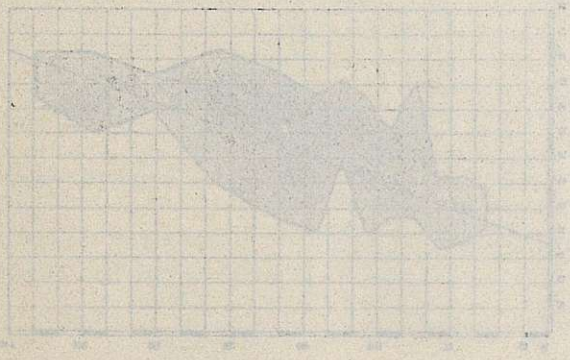
4.ª Que las mejoras que las empresas hagan voluntariamente a sus obreros, no puedan, en ningún caso, perjudicarlas al establecer nuevas bases de trabajo, como normalmente viene sucediendo ahora.

5.ª Que, estimando el valor efectivo que, en el orden social así como en la eficiencia laboral, representan las Cooperativas de producción, y considerando que la legislación vigente fiscal y de trabajo es suficiente para ampararlas, solicitamos que el Estado atienda a su financiación concediendo créditos a reducido tipo de interés y amortización a largo plazo, por medio de los organismos parestatales, como el Banco de Crédito Industrial.

6.ª Que en el establecimiento de salarios con incentivo se tenga en cuenta, tanto la organización científica del trabajo, como el establecimiento de rendimientos mínimos, con el fin de elevar el rendimiento global del trabajo.

7.ª Reconociendo que los factores de orden espiritual y moral influyen decisivamente en la producción, y siendo el técnico el que más fácilmente puede influir cerca de patronos y obreros en este sentido, se solicita de las respectivas Escuelas Especiales de Ingenieros Civiles, se dé toda la importancia que requiere a esta formación social y moral de sus alumnos, los cuales deben estudiar la doctrina social católica.

Después del debate planteado con motivo del trabajo del señor De Buen (don Víctor), el señor Presidente concede la palabra al autor del trabajo que a continuación se reproduce:



FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 13.- La edad en el trabajo de los peones

Autor: D. ANGEL BALBÁS REGUER
Ingeniero de Caminos

Un problema en el que todos estamos afectados es el del envejecimiento. Es por sí mismo un problema apasionante, y el hecho de que a todos nos afecte no debe ser causa de que rehuyamos el abordarle.

Hace unos años, con motivo de una reorganización general del personal afecto a los Servicios de Vías y Obras de la Sociedad Madrileña de Tranvías, se me planteó esta cuestión, en límites no corrientes, que me permitieron establecer unos datos que son el motivo de estas líneas.

Era necesario clasificar peones con edades que iban desde los treinta a los setenta años.

Considerando a los peones de obra como un factor principal en los transportes interiores de las mismas, se estableció, como medio de clasificación, una prueba en la que se conjugaban la velocidad en el transporte con las mermas producidas en el mismo.

La necesidad de calificar las cualidades de los operarios como paleros se sumaron a la prueba, y ésta se estableció del modo siguiente:

Los peones debían palear un metro cúbico de arena en montón, tal como queda éste, al levantarse el cajón de medida, a cuatro metros de distancia, y lanzar la arena de manera que quedase amontonada sobre un poste plantado sobre una solera de hormigón suficientemente amplia. El poste tenía marcada una escala de alturas.

El mismo operario cargaba la arena, así acumulada, alrededor del poste, en una espuerta, la transportaba 15 metros más allá, y la vertía, en montón, en el emplazamiento de otra solera de hormigón, con su correspondiente poste, con escala. Este poste y el anterior estaban alineados con el lugar en que se había hecho el montón inicial.

La arena amontonada con las espuertas era cargada en una carretilla y llevada al cajón de medida emplazado en el lugar del montón inicial y allí se vertía en los cajones de medida, a los que ascendía por un tablón de ocho metros.

La arena se igualaba dentro del cajón de medida y se determinaba la merma producida en el transporte.

Para facilitar esta última determinación, en lugar de un cajón de un metro cúbico, se utilizaron dos cajones de medio metro cúbico, uno de los cuales se envasaba y en el otro se anotaba la merma.

Las distintas operaciones se cronometraban y los rendimientos en las operaciones intermedias se cifraban por la altura que el montón alcanzaba sobre el poste respectivo.

Fueron 111 los hombres probados; sus edades variaban de treinta a setenta años, y al agruparlos por tiempos, se encontraron resultados muy curiosos.

El recorrido total, que abarca 38 metros y tres empleos de pala, se batió en 75 minutos, casi a dos minutos por metro recorrido.

Los operarios más viejos realizaron este transporte en tiempo que variaron entre 250 y 275 minutos. Más de tres veces el tiempo mínimo alcanzado.

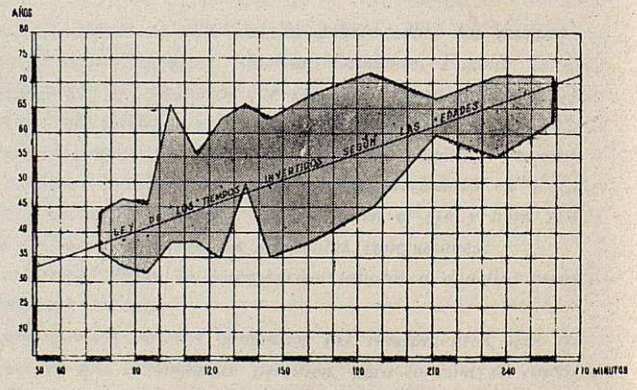
Descontados los que realizaron la labor en los tiempos mínimos, que fueron cuatro operarios, y los que lo realizaron en tiempos dobles o más del mínimo, que fueron 14, los 93 restantes operarios, comprendidos entre los treinta y tres y los sesenta y ocho años, emplearon tiempos que variaron desde los 80 minutos a los 160 minutos, con un promedio muy próximo a los 120 minutos.

Según esto, el 80 % de un conjunto de hombres de diversa edad, de treinta y tres a sesenta y ocho años, puede, en promedio, lograr unos tiempos vez y media mayor que los que resultan como mínimos.

Los tiempos mínimos no los alcanzaron los más jóvenes.

Los de más edad, en cambio, emplearon los máximos tiempos.

Los resultados alcanzados se han reflejado en el gráfico adjunto, en que se relacionan los años de los operarios con los tiempos invertidos y se reflejan las edades, máximas y mínimas



FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

de los que han logrado un mismo tiempo y señala, igualmente, el promedio de edad del grupo que ha realizado la labor en un mismo tiempo.

En el gráfico se ha dibujado una recta que puede tomarse como línea que establece la relación entre la edad, como promedio abstracto, y el tiempo requerido para realizar la prueba.

Esta recta dice que el tiempo necesario para la prueba se dobla al pasar de los treinta y cinco a los cuarenta y cinco años, se triplica al pasar a los cincuenta y cinco y se cuadruplica a los sesenta y cinco años.

Son, sin embargo, muchos los casos en que hombres de sesenta y cinco años han alcanzado tiempos de ejecución igual a hombres de treinta y cinco a cuarenta años, y ha habido un grupo de nueve hombres de cuarenta a sesenta y seis años que han hecho el circuito en 135 minutos.

Todo lo anterior refluye a la posibilidad de conservar equipos de gente de distinta edad, siempre que aquéllos que no estén dentro del límite teórico, permanezcan en el equipo únicamente después de un contraste riguroso de su velocidad de trabajo.

La ley deducida de variación de la velocidad en función de la edad aconseja, en cambio, limitar mucho la edad de entrada de los peones, y el que a su entrada cumplan, en examen, un mínimo, porque en los datos recogidos se encontraban peones de treinta años que invertían el doble de tiempo que habían logrado los más veloces, que tenían edades, al menos, seis años superiores, y, en cambio, había hombres de sesenta y seis años que sólo rebasaban en un 20 % a los más rápidos.

Madrid, agosto de 1949

Sin comentario este trabajo, se pasa al examen del siguiente, del que, por no estar presente su autor, se da lectura de su resumen:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 16 - Efectos económicos de una gran eficiencia laboral

Autor: ALFONSO BOGUÑÁ TINTORÉ
Ingeniero Industrial

«La ciencia nos enseña a juzgar las cosas... como ellas quieren ser y no como nosotros queremos que ellas sean».

MIGUEL DE UNAMUNO

I

INFLUENCIAS EXTERIORES CON MIRAS A LA OBTENCIÓN DE BIENESTAR ECONÓMICO DESDE UN GRADO DETERMINADO DE EFICIENCIA LABORAL

A redactar este modesto trabajo nos impulsó el deseo de recoger unas ideas que, de tan lógicas, sencillas y reales, están en la mente de todos, «vox populi»; pero que constituyen el armazón de líneas sobrias y armónicas de aquella otra complicada estructura, cual es la Economía Política. Nos referiremos a la eficiencia laboral, base de toda producción.

Si importante es el desarrollo de una técnica que evolucione dirigida por una sabia investigación; si importante es la organización de un capital y su contribución a la vida económica, aún lo es más, a nuestro juicio, el trabajo que debe transformar una y otro en bienes económicos que proporcionen bienestar a los ciudadanos, creando verdadera riqueza nacional. Poco útil sería disponer de un ambiente perfectamente acondicionado de aire, si los seres que tuviesen que vivir en él no pudiesen o no supiesen respirarlo.

Antes de proseguir, debemos sentar que no propagaremos ninguna idea política, ni siquiera haremos crítica de ellas. Nos limitaremos a estudiar económicamente la eficiencia laboral en sus aspectos fundamentales.

Con este fin estableceremos un sorprendente pero muy aproximado símil, si comparamos el proceso económico con el que se estudia en Electrotecnia al considerar una tensión aplicada a un circuito en el que existen conectadas en serie: inductividades, capacidades y resistencias puramente conductoras.

En efecto:

Ambos estados son evolutivos. La tensión eléctrica establecida tiene su símil en el instinto de la sociedad (iniciativa pública y privada) a evolucionar hacia su mayor bienestar, impulsándola el trabajo como medio de llegar a su consecución.

La inductividad, propiedad física que hace posible acumular en el campo magnético energía en los períodos de prosperidad de la tensión resultante, para luego devolverla cuando el circuito pasa por un estado de depresión, al surgir en él tensiones acumuladas de signo opuesto a la que suponemos constantemente suministrada, tiene su parangón en otra económica: el ahorro. Éste, como aquélla, tiene su máxima intensidad en los momentos cumbres de la tensión y va disminuyendo a medida que se crean, respectivamente, el capital o el campo magnético (se saturan), tendiendo a incrementar en cada caso la intensidad i de bienestar o la intensidad real i de la corriente eléctrica que caldea el circuito y al ambiente que lo rodea.

En las capacidades conectadas es donde se acumulan aquellos efectos contrarios a que hemos aludido. Vienen a ser los elementos donde se vierte la acción de la iniciativa pública y privada a expensas de la posibilidad de ahorro y de creación de bienestar. Puede llevar al dispositivo no sólo a la anulación del capital, sino hasta a uno de signo contrario, representación gráfica de deudas desoladoras. Afortunadamente, el temor a los acreedores hace que, a semejanza del flujo magnético de signo contrario al anterior, también se sature y tienda a anularse entrando en una esperanzadora zona de liquidación de deudas, para volver, como indica la figura 1, a nuestro punto de partida.

Finalmente, existen como lazo de unión, entre capacidades e inductividades, las resistencias puras de carácter exclusivamente

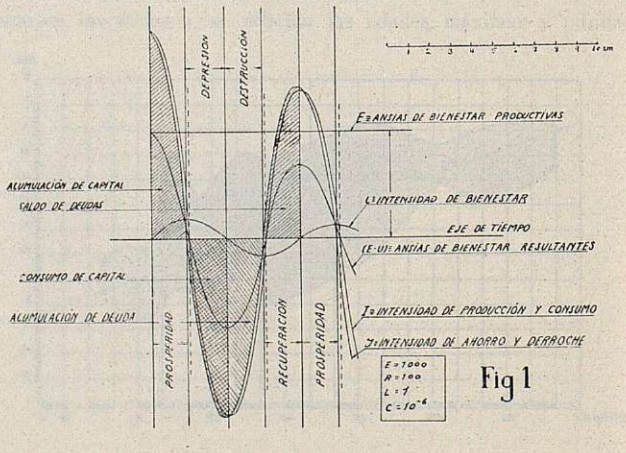


Fig 1

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

conductor. En ellas es donde se transforma la energía aplicada. Son perfectamente comparables al elemento laboral de un Estado económico. Por sí solo dicho elemento no crearía capital ni malestar en cantidad apreciable. Su acción simplemente se transformaría en producción que se disiparía inmediatamente, consiguiendo, no obstante, continuado bienestar.

De ser la colectividad una asociación de seres perfectos, no cabe duda que este último estado sería el que imperaría. Sin embargo, la realidad es que existen elementos perturbadores, por lo que es necesario una función de ahorro para disponer de un capital con el que atender al consumo, cuando la producción se vea mermada, por sumarse a los deseos de obtener bienestar la acción contraria de aquellos elementos no productivos, y de ahí que, en lugar de conseguir una corriente estacionaria de bienes económicos, obtengamos con mucha frecuencia un ciclo económico periódico oscilante con épocas de gran prosperidad y otras de profunda destrucción.

De la gran semejanza entre ambos fenómenos electromagnético y económico podemos intentar deducir para el segundo ciertas consecuencias interesantes, si analizamos en el primero aspectos equivalentes.

No es que creamos posible medir, ni siquiera aproximadamente, la eficiencia laboral (inversa de la resistencia R, de tipo puramente conductor), la reacción perturbadora no productiva (inversamente proporcional a la capacidad C), ni la tendencia al ahorro (inductividad L) de este complicadísimo circuito económico, cual es el que impera en un Estado y que nos permitiría analizar sus leyes y conocer las curvas de variación de bienestar, en virtud de la relación que existiese entre R, L y C, para una determinada E (ansias de bienestar de la iniciativa pública y privada), y predecir inclusive la amplitud de fase y la frecuencia del ciclo económico. No, no creemos esto posible, por la poca eficacia de nuestros métodos de medida económico-estadístico y por la variación, según funciones desconocidas, del tiempo de R, L y C, en el primer caso.

Sin embargo, si no pensamos obtener representaciones exactas de estos ciclos, sí es de suponer que de su discusión salga una orientación que nos indique lo que ocurriría suponiéndolos conocidos, y deducir lo que en Economía se llama una tendencia, valiosísima auxiliar para la Estadística en el difícil trabajo de tener que fijar el rumbo a una Nación.

A continuación, y en la idea de que el dispositivo económico sigue parecidas leyes que el electromagnético, haremos la clásica discusión del circuito oscilante, en relación con la variación relativa de aquellas tres cantidades que hemos denominado R, L y C.

Los casos que se estudian corresponden a los gráficos dibujados para el circuito oscilante electromagnético, en el que se hacen variar los valores relativos de R, L y C. En todos ellos la línea E representa la tensión eléctrica de la fuerza electromotriz aplicada que se supone constante.

(E - U) es la curva de los valores instantáneos de la tensión resultante, diferencia entre la aplicada y la de signo opuesto acumulada.

La línea i representa los valores instantáneos de la intensidad de corriente eléctrica obtenida.

La curva $I = \frac{E - U}{R}$ corresponde a la intensidad instantánea del desplazamiento eléctrico actuante, e I es la parte de las intensidades instantáneas de este desplazamiento fijadas en forma de flujo magnético.

Con carácer general puede afirmarse que, en todo instante, se cumple que $I = J + i$.

Para ampliación del sentido físico de dichos gráficos remitimos al lector a nuestro folleto titulado «Electromagnetismo» (Mecanizado del éter) publicado.

Debemos hacer notar que la gran variación que hemos supuesto de un caso a otro, en los valores de L y C, que sería difícil obtenerla en la práctica, tratándose del dispositivo electromagnético, es pequeña referida al económico, dada la gran amplitud de los factores determinantes de L y C, en este último caso, lo que hace suponer que una pequeña variación unitaria tenga enorme transcendencia en los valores totales. No olvidemos que de un símil a otro pasamos de medir el tiempo en milésimas de segundo a tenerlo que medir en años.

Para comodidad del dibujo, hemos empleado como escalas las siguientes:

En todos los gráficos, un milímetro equivale a 20 voltios. Igualmente, un centímetro a un amperio.

En cuanto a las abscisas, se han adoptado:

En el gráfico número	1	...	1	milímetro	equivale	a	5^{o}
En »	»	2	...	1	»	»	a 10^{-4} segundos.
En »	»	3	...	1	»	»	a 10^{-1} »
En »	»	4	...	1	»	»	a 10^{-1} »

1.—CASO EN QUE $R \geqslant 2\sqrt{\frac{L}{C}}$

Es sabido que entonces obtenemos curvas aperiódicas amortiguadas en función del tiempo. No hay período de destrucción, pero sí podemos encontrarnos en uno de depresión indefinidamente largo. El origen más o menos rápido de éste depende precisamente de la relación $\frac{L}{C}$ así:

a) Si C es muy pequeña y, no obstante, si se sigue cumpliendo la condición (1) se llegará bien pronto al máximo de la curva de bienestar (ver figura 2). Se debe a que muy pronto se acumula en los elementos perturbadores de capacidad C una reacción casi idéntica a la acción que hemos denominado E.

Es la curva representativa de las economías mal dirigidas.

b) Si C es muy grande, pero también lo es $\frac{L}{C}$ podemos, siem-

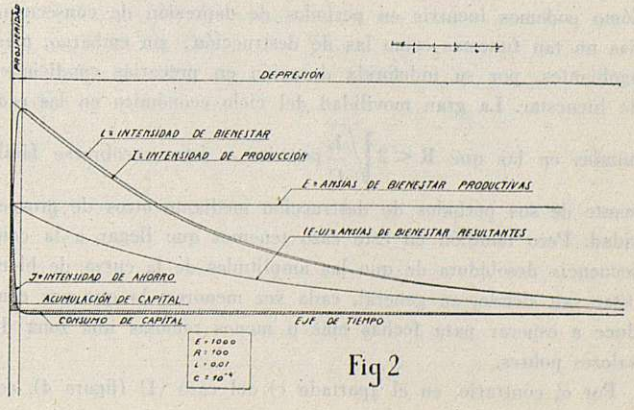


Fig 2

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

pre en el caso (1), evitar la fase de destrucción y aun la de depresión, manteniéndonos en la zona de creciente prosperidad (véase la figura 3). Sin embargo, obtenemos una intensidad *i* pequeña de bienestar. Hemos logrado acumular indefinidamente mediante una gran facultad de ahorro L un elevado capital.

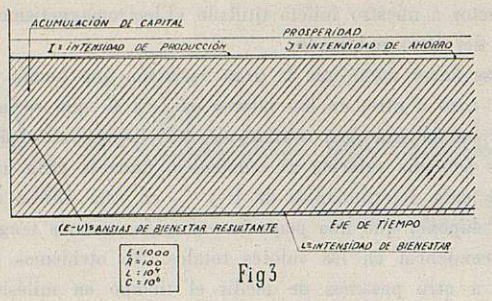


Fig 3

Es el caso de las economías bien dirigidas pero con miras a engrandecer el Estado a expensas de sus ciudadanos.

c) Si C es grande y la relación $\frac{L}{C}$ no exagerada, obtenemos una gran intensidad *i* de producción de bienestar, suficiente y compatible con las reservas económicas que debe poseer todo Estado.

Es la curva ideal de una Economía en todos sentidos bien dirigida (véase la figura 4).

2—CASO EN QUE $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$

Por analogía con el circuito electromagnético obtenemos las clásicas curvas periódicas amortiguadas, cuyas cuatro partes componentes de un período pueden denominarse en Economía: prosperidad-depresión destrucción-recuperación (véase la figura 1).

Es la curva más probable para las economías no dirigidas y cuya amplitud de fase y frecuencia del ciclo económico dependen de la eficiencia laboral $\frac{1}{R}$ y de las características nacionales: riqueza natural y valores espirituales de sus ciudadanos, determinantes de la facultad de ahorro L y de la capacidad C de no oponer reacción a las ansias de la iniciativa pública y privada.

* * *

Puede observarse cómo, en general, es necesario siempre una gran eficiencia laboral para evitar una intensidad *i* pequeña. Cómo podemos incurrir en períodos de depresión de consecuencias no tan funestas como las de destrucción; sin embargo, más agobiantes, por su indefinida duración en precarias condiciones de bienestar. La gran movilidad del ciclo económico en las economías en las que $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ permite a éstas recobrarse fácilmente de sus períodos de destrucción mediante otros de prosperidad. Pero también en este caso tenemos que llegar a la consecuencia desoladora de que las amplitudes de la curva de bienestar van siendo, en general, cada vez menores, lo que nos conduce a esperar para fechas más o menos remotas una zona de valores pobres.

Por el contrario, en el apartado *c*) del caso (1) (figura 4), correspondiente a una economía bien dirigida, hemos podido ver el ideal por el que deberíamos todos suspirar.

* * *

Podemos afirmar que desde un mismo grado de eficiencia laboral obtenemos diversos estados de bienestar económico, según las condiciones exteriores a que se la someta. Pero aún hay más supuesto que hemos alcanzado un grado de perfección elevado de dicha eficiencia, él mismo depende en cierta forma de aquellas condiciones, y hemos de confesar que si éstas no son las que hemos juzgado adecuadas, bien pronto pierde tal carácter y retrocedemos a su primitiva desorganización. Por esto debemos suponer cierta función entre E y R, cuando nos referimos al circuito económico.

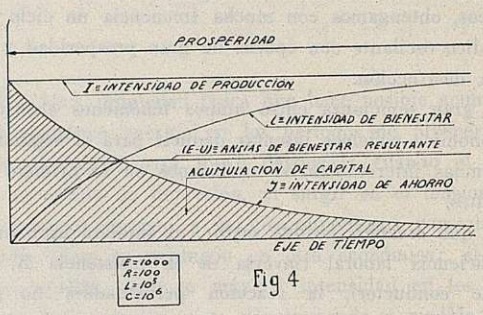


Fig 4

Se pone de relieve también la gran necesidad de incrementar por todos conceptos a C, que equivale a decir, tender a disminuir los elementos no productivos que se opongan a la iniciativa pública y privada y originen un derroche de capital.

* * *

Tampoco conviene aumentar la función de ahorro L hasta un grado exagerado.

II

POSIBILIDADES DE AUMENTAR LA CAPACIDAD C DISMINUYENDO LOS ELEMENTOS NO PRODUCTIVOS

Dejando a los especialistas en Finanzas y Organización de empresas resolver el problema de fijar el grado de intensidad de ahorro necesario para sostener las reservas adecuadas y el de cómo aumentar al máximo la eficiencia laboral, vamos a analizar las posibilidades de influir en el aumento de dicha capacidad, o sea, las posibilidades de disminuir la reacción de los elementos no productivos que se oponen a la iniciativa y originan un derroche de capital.

No desconocemos la enorme dificultad del problema, por lo que sólo la gran importancia de la cuestión puede disculpar nuestro intento, dejando a personas de autoridad su resolución definitiva.

La primera dificultad surge al tener que clasificar tal o cual elemento o proceso económico como productivo o improductivo. Esto equivale en Electrotecnia, y siguiendo el mismo símil, a tener que medir la capacidad de uno de los condensadores conectados sin poderlo separar del circuito y en pleno funcionamiento de éste. Además, en Economía no se dispone de instrumentos ni de fórmulas matemáticas que nos fijen teóricamente dicha capa-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

cidad C en función de las características del elemento. Existen, sí, opiniones, la mayor parte de las veces contradictorias, sobre su clasificación, pero hemos de reconocer que es muy compleja su estructura para afirmar directamente su grado de productividad. Aún lo es más si pensamos que puede suceder que dicha apreciación llegue de persona que salga beneficiada en su proceso económico particular, de tener en cuenta la opinión que se refería, según él, al progreso del sistema.

Otra dificultad, consecuencia de lo anterior, estriba en saber si la improductividad de un elemento económico parte de sí mismo o de las condiciones en que trabaja conectado al dispositivo. A diferencia de los materiales conocidos y de constantes específicas bien contrastadas usados en Electrotecnia, nos encontramos en Economía con una gran variedad de personas y de propiedades de índole espiritual: eficiencia, moralidad, etc., muy difíciles de juzgar. El cumplimiento mismo de una disposición considerada por todos como necesaria y beneficiosa, puede producir malestar, según sea su forma de aplicarla. Más claro, si una misma ley o un mismo elemento económico de tipo improductivo o productivo actúa rígidamente y en justicia sobre todos los ciudadanos, bien pronto se dejan sentir sus efectos de malestar o bienestar sobre aquellos de quienes ha partido la idea de su creación.

La tercera dificultad está en que una vez clasificado un elemento económico como francamente improductivo, no se le puede separar fácilmente del circuito. Afortunadamente, los elementos condensadores empleados en Electricidad no poseen la facultad de protestar tal separación, fundándose en un derecho de intereses creados. Hemos de aclarar que entendemos el concepto de productividad económica al sentido más amplio de la palabra.

A la vista de estas dificultades y de todo lo anterior, afirmamos que, en primer lugar, es necesario que cada elemento económico actúe en condiciones análogas de eficiencia y moralidad perfecta. Sólo así podemos asegurar, al probarlo, que su improductividad radica en su estructura íntima. En otras palabras, como decía muy bien el ilustre Ingeniero Industrial señor Soto Redondo, en su discurso de clausura de las II Jornadas de Ingeniería Industrial, hemos de cumplir todos con nuestro deber.

Una vez logrado esto, *que es lo más importante*, podremos efectuar pruebas en el dispositivo económico completo y ver si la inclusión o separación de un elemento determinado, mejora o empeora la curva característica al apreciar sucesivas intensidades de bienestar que nos indiquen la clase del ciclo económico en el que desarrollamos nuestras actividades.

Es de notar que, a medida que aumentamos la eficiencia laboral, o sea, disminuímos R, es mayor la facilidad de determinar la índole del elemento económico ensayado al ser mayor la variación $\frac{\delta f}{\delta t}$ de las curvas por unidad del tiempo.

Pero no debemos olvidar que también lo es la probabilidad de pasar al ciclo oscilante al ser $R \leqslant 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ o de aumentar la frecuencia de éste si ya nos hallamos en él, lo que supone épocas de prosperidad y de destrucción, de las que sólo nos libraremos si al mismo tiempo que procuramos que crezca la eficiencia laboral hacemos crecer también la capacidad total C del circuito, disminuyendo los elementos no productivos que oponen reacción a las ansias de bienestar de la iniciativa pública y privada.

Valladolid, noviembre de 1949.

Luego de la lectura del resumen de éste, se pasa al del siguiente, cuyo autor hace amplia exposición:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 30. - La distribución del personal en trabajos de actividad diaria

Autores: D. REMIGIO GARCÍA AGUADO y D. ANTONIO ARREGUI MENDÍA
Ingenieros Industriales

EXPOSICIÓN Y DEFINICIONES

0,0.—Propósito.

El problema que vamos a exponer se presenta en los trabajos de actividad diaria, sean continuos o intermitentes, y consiste en distribuir a sus servidores en forma conveniente para que, siempre cubiertos sus servicios, se cumpla por todos la jornada semanal.

Este problema no es de hoy, ni todas sus soluciones son inéditas. Se inició, en su aspecto más general, en España durante el gobierno del General Primo de Rivera, al disponer —D.-L. 8 junio 1925—la obligatoriedad del descanso semanal, que antes muy raramente se practicaba en trabajos de actividad diaria, y soluciones del mismo fueron publicadas en artículos nuestros en: «Revista de Ingeniería Industrial», núm. 9, de enero-febrero de 1931; «Boletín Minero e Industrial», núm. 6, de junio de 1936, y «Revista de Formación y Documentación Profesional», núm. 5, de septiembre-octubre de 1942, y núm. 10, de 1945; artículos que nos fueron publicados independientemente sin que sepamos de más bibliografía sobre el particular que alguna publicación de la Oficina Internacional del Trabajo, referente a la jornada de cuarenta y dos horas en el extranjero.

Si ahora insistimos trayéndolo a este II Congreso Nacional de Ingeniería, es tratando de interesar en él a los ingenieros, porque al ser problema con soluciones racionales y cómodas de poner en práctica, aún se resuelve en la mayor parte de las industrias, quizás pudiéramos decir que en la casi totalidad, por ficciones a costa de horas extraordinarias, suplentes y correturnos, en muchos casos sin sentido lógico, dejando de cumplir las disposiciones legales hasta que se producen reclamaciones y sanciones que obligan a su aplicación.

Al reiterarnos en esta exposición, lo haremos modificando las de nuestros citados artículos, con más generalidad, y tratando de exponer las soluciones con lógica deductiva, sin otra pretensión que la de iniciación, y con la esperanza de lograr seguidores que nos mejoren.

0,1.—Condiciones que hay que satisfacer.

En general, las soluciones han de responder a determinados requisitos legales y prácticos, para que su aplicación sea posible y conveniente. Principalmente son:

a) *Legales.*—Deben cumplirse las disposiciones sobre jornada de trabajo, descanso semanal y descanso dominical, aunque este último —Ley de 13 julio 1940 y Decreto para su aplicación de 25 enero 1941—, en sus excepciones, ya que su fundamento es la prohibición y limitación del trabajo en domingo y festividades religiosas; lo que no es posible cumplirla en trabajo alguno de actividad diaria. Para nuestro caso, podemos reducir esas disposiciones a:

Jornada diaria que establezca la correspondiente reglamentación. En general y, salvo escasas excepciones, en todo caso máxima, de ocho horas.

Jornada semanal que establezca la correspondiente reglamentación. En general, y salvo escasas excepciones, máxima de cuarenta y ocho horas.

Los obreros no trabajarán dos domingos consecutivos y, como esto no es posible en los trabajos de actividad diaria, se permutará el domingo en descanso, para que en el período más breve posible todos se encuentren en iguales condiciones a este respecto.

Dice también la Ley de descanso dominical, que los que trabajen en domingo deben tener un descanso de veinticuatro horas consecutivas dentro de los siete días, comenzados a contar por el propio domingo; sobre lo que agregamos nosotros, que es consecuencia de las jornadas diaria y semanal, pero no recíprocamente, lo que permite, y emplearemos como artificio en alguna solución que indicaremos en su lugar, disimular el descanso semanal por el cambio de turno en avance, pues si un obrero que trabaje, por ejemplo, de seis de la mañana a dos de la tarde, cambia el turno de dos de la tarde a diez de la noche, ha dejado veinticuatro horas sin asistir al trabajo, cumpliendo este precepto legislativo, aunque trabaje las siete jornadas de la semana.

Señala la Ley que el domingo o día festivo empieza a contarse desde las doce de la noche del día anterior, y que es de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

veinticuatro horas consecutivas, pero que podrá contarse de otra forma que substancialmente no altere su duración. Generalizamos esto a cualquier día, que para trabajos continuos consideraremos empieza a la hora del relevo entre el último turno del día anterior y el primero del que se cuente.

b) *Prácticas.*—Es conveniente:

Fijar las horas de relevo organizando el trabajo en turnos de igual duración, de modo que el turno sea divisor del día. En particular para las jornadas más en uso: tres turnos de ocho horas o cuatro turnos de seis horas.

Que todos los servidores del trabajo pasen sucesivamente por las mismas posiciones; para lo cual:

Se les hará cambiar de turno, lo que, para mayor comodidad y regularidad, deben hacerlo al volver al trabajo después del descanso. Se les permutará el día del descanso al pasar de una a otra semana, con lo que, a la vez, se cumple el precepto legislativo de excepción respecto a los domingos.

Deben cerrarse las semanas en forma que todos los obreros liquiden luego de haber trabajado su jornada semanal y, en el caso de que así no fuera, lograrlo como media del menor número de semanas.

0,2.—Definiciones.

Vamos a emplear expresiones que pudieran dar lugar a confusión: unas, porque, aunque de uso corriente, se emplean con distintas acepciones, como las de relevo y turno; otras, porque son introducidas por nosotros; así la palabra acoplamiento. Para evitar esa posible confusión definiremos esas expresiones y también otras que, aunque de uso corriente de acepción única y bien definida, las generalizaremos unificando el empleo de varias, como obrero, operario, empleado, etc.

Con estas definiciones no queremos imponer escuela, sino dar claridad y uniformidad a su empleo, al escribirlas.

Jornada.—Tiempo en trabajo que corresponde a cada servidor y en particular:

Jornada semanal.—Tiempo normal que, por semana, corresponde a cada servidor en trabajo.

Jornada diaria.—Tiempo normal máximo que, por día, corresponde, en trabajo, a cada servidor.

Turno.—Cada una de las jornadas diarias de un día cualquiera.

Relevo.—El hecho de substituirse entre los que salen del trabajo de un turno y los que entran en el turno siguiente.

Obrero.—Cada uno de los servidores del trabajo, unificadas las distintas categorías y calidades, sea manual o intelectual.

Equipo.—Conjunto de obreros que se encuentran conjuntamente en el trabajo en cualquier turno de cualquier día.

Servicio.—Cada clase de trabajo realizado en el mismo lugar o sección de la industria o explotación, por obreros de igual categoría.

Acoplamiento.—Cada una de las maneras de distribuir al personal, o sea cada una de las soluciones del problema de que tratamos.

Esquema.—La exposición de las situaciones de cada día, representando a los obreros por números, letras o signo que se elija.

Acoplamiento fundamental.—El que satisfaga las siguientes condiciones:

Durante el transcurso de sólo una semana, que puede contarse a partir de cualquier día, todos los obreros cumplen justamente la jornada semanal; esto es, que el aprovechamiento es total semana a semana, y éstas pueden empezarse a contar cualquier día.

En todos los turnos habrá el mismo número de obreros en todos los servicios.

Todos los obreros cambian de turno al volver al trabajo después del descanso, siempre y únicamente.

El descanso semanal es continuo para cada uno de los obreros.

Cada uno de los obreros descansará siempre el mismo día de la semana; esto es, que no se cumple la Ley del descanso dominical en lo referente a permutar el descanso en domingo. Y no se permuta tampoco el de cualquier otro día.

Acoplamiento legal fundamental.—El que cumple las condiciones anteriores, excepto la última, permutando no sólo el descanso en domingo, sino en permutación circular el de todos los demás.

0,3.—Deducción general de los acoplamientos fundamentales.

Con el consejo, de que si lo que escribimos en este epígrafe resulta insuficiente inteligible, se lea sólo de pasada, volviendo a él después de haberlo aplicado para el caso particular más corriente de jornada semanal de cuarenta y ocho horas, con tres turnos de ocho horas por día, vamos a exponer la marcha general que hemos de seguir en la deducción de los acoplamientos fundamentales, lo que puede servir de ampliación a la definición que antes dimos.

Anotaremos con:

S, la jornada semanal, que se expresará en horas.

D, la jornada diaria, también expresada en horas.

$t = 7\ D\text{-}S$, el tiempo en descanso de cada obrero, durante una semana, tomado de un solo turno por día.

N, el número de turnos por día; para trabajos continuos:

$$N = \frac{D}{24}$$

Contados los tiempos de una sola jornada diaria, o turno, por día, el de descanso durante la semana de cada obrero es t; el de trabajo S; su relación:

$$R = \frac{t}{S} = \frac{a}{b} = \frac{A}{B};$$

siendo $\frac{a}{b}$ irreducible y A y B múltiplos correspondientes de a y b, que determinaremos.

Si de (A + B) obreros, hacemos que cada día descansen A y trabajen B, repartidos en los N turnos, se satisfará el valor de R; pues:

La suma de tiempos en descanso, sean los mismos o distintos los A en descanso cada día, durante el transcurso de una semana será 7 A D.

La suma de tiempos en trabajo será análogamente 7 B D.

La relación R_t de estas sumas de tiempo:

$$R_t = \frac{7\ A\ D}{7\ B\ D} = \frac{A}{B} = R$$

y haciendo que sean iguales los tiempos en descanso y trabajo

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

para cada uno de los obreros, esa misma será la relación individual.

Los valores de A y B los determinaremos teniendo en cuenta que B ha de ser múltiplo de N para que los obreros en trabajo estén repartidos por igual entre los N turnos de cada día. Además, B debe ser múltiplo de b y conviniendo por sencillez que sea lo menor posible:

$$\left.\begin{aligned} B &= \text{m. c. m. } (b,\ N) = \frac{B}{b}\, b \\ A &= \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{B}{b}\, a \end{aligned}\right\}$$

Con esto y fijada la situación inicial y días en descanso para cada obrero, se tiene resuelto el acoplamiento, pues las situaciones siguientes se irán teniendo por las condiciones de cambio de turno y únicamente después del descanso, lo que obliga a que cada uno que termina el descanso se sitúe en el hueco que deje otro que pase a descansar y que ambos se encontraran antes en turno distinto. Esto, aunque no en todos los casos con solución única, relaciona la situación inicial de los B obreros en los N turnos y la sucesión de descansos de los (A + B), por lo que ambas cosas no pueden ser arbitrarias. Puede serlo una de ellas, de las que elegimos la segunda.

Fijada arbitrariamente la sucesión de descansos, se deducirán las situaciones iniciales en forma conveniente a que se cumplan las condiciones que se impongan al acoplamiento, para lo que es útil la ayuda de alguna representación gráfica, como veremos para cada caso de jornada semanal de las que vamos a tratar. Nos limitamos ahora, en el epígrafe siguiente, a dar cuenta del tipo de representación que emplearemos.

Hacemos observar, que la deducción del acoplamiento consiste en:

Formar grupos de (A + B) obreros, de los que cada día se encontrarán:

A en descanso y B en trabajo.

Fijar arbitrariamente la sucesión de descansos entre los (A + B) obreros.

Determinar la situación inicial más conveniente a los B obreros en trabajo, entre los turnos del día.

Pasar a las sucesivas situaciones, por la doble substitución de los que terminaron el descanso con los que pasan a descansar y de éstos con aquéllos.

0,4.—Representación gráfica.

De muy diversas formas pueden representarse gráficamente las situaciones de un día cualquiera. De todas ellas vamos a emplear únicamente la siguiente:

Sobre cada una de las B divisiones de una circunferencia dividida en B partes iguales, situaremos a cada uno de los B obreros en trabajo el día de que se trate, situando a los A en descanso en el círculo de esa circunferencia.

El orden circular, saltando a los que se encuentren en descanso, con que situaremos a los B obreros, será el mismo que el de la sucesión de descanso. Esto, que podía ser arbitrario, nos lo imponemos así, como característica de la representación.

Uniremos por cuerdas, o en su caso diámetros, a los obreros que se encuentren en el mismo turno, que en general vendrán representados por polígonos de tantos lados como obreros se tengan por turno. En particular: con un solo obrero por turno, éstos vendrán representados por el mismo punto en que se sitúe al obrero; con dos obreros por turno, éstos estarán representados por la cuerda o diámetro que unen los puntos en que estén situados los dos obreros; con un solo turno por día, los B obreros se encontrarán en el mismo, y la representación del turno, que sería un polígono de B lados, lo substituiremos por la propia circunferencia.

Como ejemplo arbitrario, que advertimos no es muy correcto, representamos el caso:

Grupos de quince obreros, que, como distintivo, representamos con los números del 1 al 15. Sucesión de descansos el correlativo de estos números, encontrándose cada día tres en descanso y doce en trabajo repartidos en tres turnos a cuatro por turno.

Las situaciones de determinado día, el que representamos son:

En descanso, los números 2, 7 y 11.

En trabajo. Primer turno: 1, 4, 6, 8; segundo: 3, 5, 13, 14; tercero: 9, 10, 12, 15.

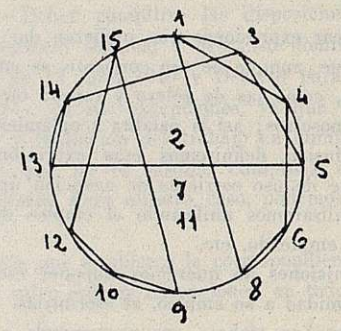


Fig. 1

Hacemos observar que en esta representación los turnos se conservan fijos, cambiando el número en los vértices por las substituciones de los descansos, pasando cada número de uno a otro turno, cuando pasa de uno a otro polígono, lo que, ya advertimos, no es muy correcto; en el ejemplo que representamos puede verse no ocurre siempre, para todos, después del descanso. Ya veremos en las representaciones de los acoplamientos fundamentales cómo se obtienen figuras en las que, por un giro, se puede pasar de uno a otro turno, lo que no ocurre en este caso, que, aunque ofrece irregularidades, no por eso deja de ser posible, aunque prácticamente debe rechazarse el correspondiente acoplamiento.

También hacemos observar que puede materializarse fácilmente esta representación, fijando las divisiones de la circunferencia, con orificios sobre un tablero y situando en cada orificio una clavija con el número correspondiente, situando las clavijas de los que se encuentren en descanso en el círculo. La circunferencia y la representación de los relevos se dibujan en el tablero. Se pasará a las sucesivas situaciones intercambiando las clavijas de los que se substituyen en los descansos.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

I

JORNADA SEMANAL DE CUARENTA Y OCHO HORAS

1,0.—Consideraciones generales.

Empecemos por la jornada de cuarenta y ocho horas, que es la de aplicación más corriente y, a la vez, la de soluciones naturalmente más sencillas al ser la relación de tiempo en descanso y trabajo R = 1/6 y, seis, múltiplo del número de turnos: uno, dos o tres, posibles por día, con lo que en principio, se tendrán los acoplamientos reuniendo a los obreros en grupos de a siete: uno en descanso y seis en trabajo, repartidos entre los turnos del día.

La jornada semanal se cumplirá trabajando cada obrero seis, en jornada diaria de ocho horas y descansando un día de los siete de la semana.

Para si es necesaria referencia posterior, vamos a numerar correlativamente todos los esquemas que expongamos, sin distinguir en esta numeración el que pertenezcan a esta u otra jornada semanal ni la clase de acoplamiento a que corresponda. En estos esquemas, vamos a representar los días: lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado y domingo de la semana, respectivamente, por las iniciales L, M, m, J, V, S, D.

1,1.—Acoplamientos fundamentales.

Vamos a considerar distintos casos, según el número de turnos por día:

a) *Un turno por día.*—Se presenta: en algunos servicios accesorios en industrias de producción continua, como puede ser el transporte de fábrica a almacenes; en servicios públicos y espectáculos, y, en general, en todos aquellos en que es necesaria, por la razón que sea, la actividad diaria y que quede satisfecha con un solo turno de trabajo.

Aunque, para este caso, la solución es pueril, pues basta formar los grupos de a siete obreros y hacer descansar a cada uno de ellos un día a la semana, vamos a seguir la deducción general (0,3), para entrenamiento de otras jornadas semanales de solución menos intuitiva:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Jornada semanal; } S = 48 \text{ horas } \ldots\ldots \\ \text{Jornada diaria; } D = 8 \text{ horas } \ldots\ldots\ldots \\ \text{Tiempo en descanso; } t = 7 \times \frac{}{} 48 \\ \quad = 8 \text{ horas } \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \text{Turnos por día; } N = 1 \ldots\ldots\ldots\ldots\end{array}\right\}; \; R = \frac{t}{S} = \frac{8}{48} = \frac{1}{6} = \frac{a}{b}$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{m. c. m. } (b, N) = \text{m. c. m. } (6,1) = 6 = B = b \\ \text{resulta... } A = a = 1\end{array}\right\} : (A + B) = 7$$

Se formarán grupos de siete obreros: uno en descanso y seis en trabajo. Nos basta considerar uno solo de estos grupos, ya que la solución ha de ser la misma para todos, y para distinguir a los siete obreros del grupo asignemos a cada uno un número, del 1 al 7. Fijamos como sucesión de descansos la correlativa de estos números, con lo que, sin más explicación a lo ya expuesto, obtenemos la representación gráfica de tres días consecutivos: lunes, martes, miércoles, que puede continuar quien lo desee, y el esquema 1, de una semana, que se repetirá en las sucesivas, aparte la línea en que en el automatismo de las substituciones se sitúe cada número en trabajo, lo que no importa, ya que todos, en igual turno, podríamos escribirlos en cualquier orden.

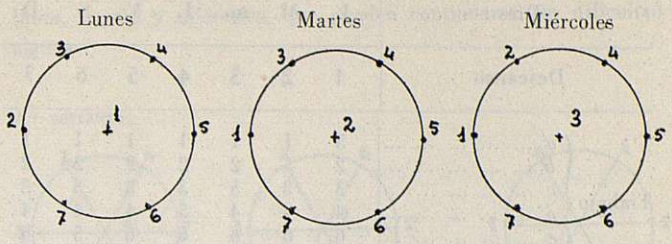


Fig. 2

ESQUEMA 1

Días		L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
Descanso		1	2	3	4	5	6	7
Trabajo	*a*	2	1	1	1	1	1	1
	b	3	3	2	2	2	2	2
	c	4	4	4	3	3	3	3
	d	5	5	5	5	4	4	4
	e	6	6	6	6	6	5	5
	f	7	7	7	7	7	7	6

Con el automatismo de las substituciones con que hemos construído este esquema, atendemos a cubrir puestos con independencia del servicio que cada obrero tenga que realizar, lo que no importa si los seis en trabajo han de realizar el mismo servicio. De no ser así, puede ponerse de manifiesto en el esquema, asignando a cada servicio el mismo número de líneas que obreros hayan de trabajar en él conjuntamente. Así hacemos al escribir las letras *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, representativas de seis servicios distintos, que tendrán que realizar los obreros situados en las líneas correspondientes. Aun en este caso extremo, de un solo obrero por servicio y sin romper el automatismo de las substituciones, no es necesario, como pudiera creerse, que los siete obreros conozcan los seis servicios, pues, como cada número ha cambiado de fila una sola vez, se encuentra únicamente en dos filas distintas, y es necesario y suficiente que cada uno conozca el trabajo de dos servicios, y ni aun esto para el que descansó el primero ni para el que descanse el último día: el 1 y el 7, que es suficiente con que conozcan un solo servicio. Así, el 1 conocerá sólo el servicio *a*; el 2, el *a* y el *b*; el 3, el *b* y el *c*; el 4, el *c* y el *d*..., y el 7, solamente el *f*.

Pero nada impide el que entre los que se encuentran conjuntamente en trabajo se permuten los servicios como mejor convenga, lo que en el esquema se traduce a que podamos escribir los números de cada columna en trabajo en cualquier orden, distribuyendo los servicios en la forma más apropiada a las condiciones individuales de los seis obreros en trabajo cada día. Pueden tenerse muy diversas soluciones atendiendo a diversas distribuciones de servicios, número de obreros en cada uno de ellas y condiciones individuales; no será difícil encontrar la más adecuada a quien se presente cada caso particular. Nos limitamos a exponer en el esquema 2, la del más extremo, en que disponiendo de un obrero, al que asignamos arbitrariamente el número 5, capacitado para todos, cada uno de los demás realice un solo servicio.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ESQUEMA 2

Días		L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
Descanso		1	2	3	4	5	6	7
Trabajo	*a*	5	1	1	1	1	1	1
	b	2	5	2	2	2	2	2
	c	3	3	5	3	3	3	3
	d	4	4	4	5	4	4	4
	e	6	6	6	6	6	5	6
	f	7	7	7	7	7	7	5

Y no dejaremos de hacer observar que la solución de este esquema es la simple del substituto que cubre los huecos de los descansos de los demás y repetir lo pueril de todo lo expuesto para este caso de un solo turno por día. No importa, ni sobra como iniciación a la comprensión de otros acoplamientos. Si entre los seis servicios del esquema 2, hubiera varios iguales, por ejemplo: $a = b = c = d$ y $e = f$, los distintos del acoplamiento serían solamente dos, y entonces el 5 ya no sería realmente substituto de los que descansan, sino en el servicio del que se encuentra descansando y sólo precisaría figurar en el esquema en dos líneas distintas, una de cada servicio. Dejamos para quien se le presente el caso construir el esquema correspondiente, como también los que pudieran obtenerse, siendo más de uno los que reúnan condiciones y se quieran utilizar para servicios distintos, ya que pueden presentarse casos y soluciones para todos los gustos.

b) *Dos turnos por día.*—Puede presentarse en casos análogos a los de un turno en que por la urgencia del trabajo, o por la condición que fuere, no es suficiente un solo turno ni necesaria la continuidad de los tres. Por las mismas razones del caso anterior, vamos a seguir la deducción general:

$$\left.\begin{array}{l} S = 48 \text{ horas.} \\ D = 8 \text{ horas} \\ t = 7 \times 8 - 48 = 8 \text{ horas.} \\ N = 2 \end{array}\right\} ; \quad R = \frac{t}{S} = \frac{8}{48} = \frac{1}{6} = \frac{a}{b}$$

$$\left.\begin{array}{l} \text{m. c. m. } (b, N) = \text{m. c. m. } (6,2) = 6 = B = b \\ \text{resulta...} \quad A = a = 1 \end{array}\right\} (A + B) = 7$$

Se formarán grupos de siete: uno en descanso y seis —tres en cada turno— en trabajo. Fijando como orden de sucesión de descansos el correlativo del 1 al 7, la representación gráfica nos da para determinar las posiciones iniciales, cuando descanse el 1; que cualquier posible solución se podrá hacer coincidir, por un giro, con una de las tres representadas.

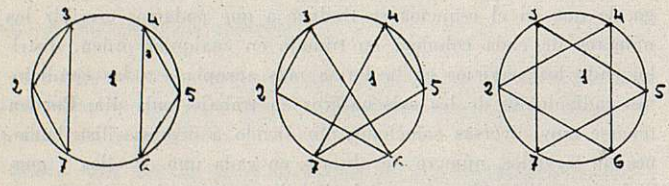


Fig. 3

De estas tres soluciones, solamente satisface a las condiciones de regularidad en los cambios de turno después del descanso, que ha de cumplir el esquema fundamental, la III), pues en las I) y II), el 2, por ejemplo, no cambia de turno al substituir al 3, mientras el 3, sí cambia al substituir al 4. Con esta posición inicial III) y representando a cada uno de los dos relevos por las letras M y T, construímos el esquema 3, en el que, como consecuencia de los cambios después de cada descanso, cada número se encuentra, en la segunda semana, en distinto turno que el mismo día de la primera,

ESQUEMA 3

Días		Primera semana							Segunda semana						
		L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
Descanso		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Trabajo	M -	2	1	1	1	1	1	1	7	7	7	7	7	7	6
		4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
		6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	4	4	4
	T -	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3
		7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	5	5
		3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1

lo que es igual para todos. En la tercera semana ocurriría lo mismo respecto a la segunda, con lo que todos volverían a estar situados en los turnos igual que en la primera, de forma que con independencia del orden con que se escriban los números de cada turno en un mismo día, la tercera semana reproduce a la primera y así sucesivamente, con lo que el ciclo de variaciones es de dos semanas.

Se puede representar más brevemente esta solución como lo hacemos en el esquema 4, en el que, además, ponemos de manifiesto el caso de que en los dos turnos se tengan los mismos tres servicios: *a*, *b* y *c*, y escribimos los números de cada turno en orden conveniente a que uno sólo de ellos, el 2, que podría ser cualquier otro, trabaje en los tres, haciendo cada uno de los otros siempre el mismo.

ESQUEMA 4

Días		L.	M	m.	J.	V.	S.	D.	Semanas	
Descanso		1	2	3	4	5	6	7	Impares	Pares
Trabajo	*a*.....	2	1	1	1	1	1	1	M	T
	b ...	4	4	4	3	3	3	3		
	c....	6	6	6	6	6	5	5		
	a.....	7	7	7	7	7	7	2	T	M
	b . ..	3	3	2	2	4	4	4		
	c.....	5	5	5	5	2	2	6		

c) *Tres turnos por día.*—Es el caso de más interés y se presenta en todos los trabajos de producción continua. Como en los anteriores encontramos:

$$R = \frac{1}{6}$$

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

y siendo m. c. m. (6,3) = 6; serán: A = 6; B = 1; se formarán grupos de siete obreros: uno en descanso y seis —dos en cada turno— en trabajo.

Fijado como sucesión de descansos el orden circular correlativo, se tienen como soluciones posibles para las situaciones iniciales, cuando descansa el 1, las cinco que representamos gráficamente, a las que por un giro puede llevarse cualquier otra que se ocurra. De estas cinco soluciones, únicamente la V) satisface a la regularidad de cambios de turno, pues es fácil ver con sólo considerar los números 2 y 3: En la solución I) el 2 no cambia de turno al substituir al 3, lo que también ocurre en las II) y III); en la IV), el 2 pasa al turno del 3, y el 3, al substituir al 4, se sitúa en el mismo turno en que estaba antes el 2, de forma que si uno avanzó en el cambio, el otro retrocede.

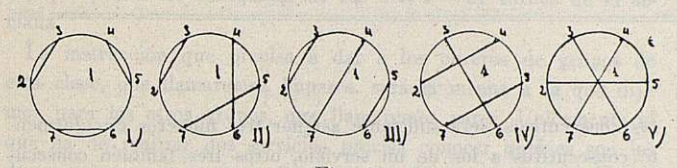
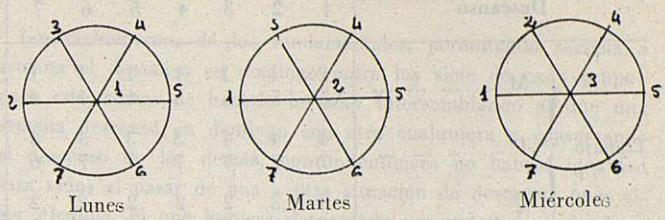


Fig. 4

Aceptada como única que cumple las condiciones fundamentales, la solución V), si en ella ponemos de manifiesto el sentido circular de los turnos que distinguiremos por M, T y N, en general como iniciales de: mañana, corrientemente de seis de la mañana a dos de la tarde; tarde: de dos de la tarde a diez de la noche; y noche: de diez de la noche a seis de la mañana; según el sentido de giro del orden de los turnos, se tienen las dos variantes, de las que representamos tres días consecutivos: lunes, martes y miércoles, que pueden continuarse sin dificultad alguna.

1.ª variante;



Lunes Martes Miércoles

2.ª variante;

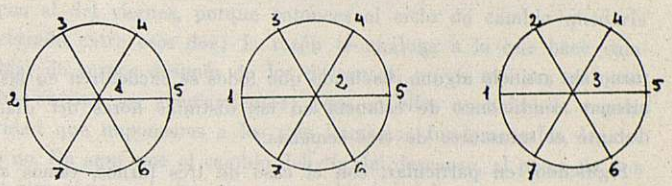


Fig. 5

Siguiendo el automatismo de las substituciones entre los que terminan y empiezan el descanso, construimos los esquemas 5 y 6; el 5 correspondiente a la primera variante y el 6 a la segunda:

ESQUEMA 5

Días		Primera semana							Segunda semana							Tercera semana						
		L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
Descanso		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Trabajo	M	2	1	1	1	1	1	1	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	5	5
		5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
	T	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	7	7	7	7	7	7	6
		6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3
	N	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
		7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	4	4	4

Para las dos variantes puede observarse en los esquemas:

Siguiendo el automatismo de las substituciones encontraríamos las situaciones de la séptima semana idénticas a las de la primera, lo que da un ciclo de seis semanas que se reproduce. Pero si tenemos en cuenta que lo que interesa es el turno en que cada número esté situado, para lo que no importa el orden en que se escriban los dos que se encuentran en el mismo, el ciclo es sólo de tres semanas y se pueden substituir: la cuarta por la primera, la quinta por la segunda y así sucesivamente. Esto es debido a que trasladándose todos de turno, una vez por semana, en las tres semanas todos pasan por los tres turnos, encontrándose en la cuarta en el mismo que estuvieran en la primera.

Las situaciones de un día cualquiera de una semana son las mismas que el mismo día de la semana anterior; pero adelantando un turno en la primera variante —esquema 5— y retrasándole en la segunda —esquema 6—. Esto es consecuencia del cambio de todos, una vez por semana, después del descanso; y con ello queda, progresiva y automáticamente, resuelto el cambio de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ESQUEMA 6

Días		Primera semana							Segunda semana							Tercera semana						
		L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
Descanso		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Trabajo	M	2	1	1	1	1	1	1	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	5	5
		5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
	T	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
		7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	4	4	4
	N	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	7	7	7	7	7	7	6
		6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3

turno sin artificio alguno, haciendo que todos se encuentren en las mismas condiciones de estancia en las distintas horas del día, durante el transcurso de tres semanas.

Siguiendo, en particular, con el caso de tres turnos, vamos a ocuparnos de la puesta en práctica de estos acoplamientos, lo que podrá extenderse sin dificultad a los casos de uno y dos turnos.

En los servicios en que el número de obreros por turno sea par, bastará tomar de dos en dos de cada turno y el que descansa, para formar cada uno de los grupos de siete, asignando a cada uno un día de la semana para el descanso. Se da a cada obrero una instrucción con: el día que ha de iniciar el trabajo, turno en que ha de hacerlo, día de la semana en que ha de descansar y la indicación de que después de cada descanso ha de volver al trabajo; si se adopta la primera variante, al turno siguiente al que se encontraba; si la segunda, al turno anterior: en el orden circular M, T, N.

En los servicios con número impar de obreros por turno, se restará uno, quedando ya un número par, con los que se resolverá como en el caso anterior. Con el restado, o el único si en el servicio sólo existiera uno por turno, podemos agrupar a los tres, de los tres turnos, con otros tres de otro servicio que se encuentre en el mismo caso, y, si observamos en los esquemas que nunca se juntan en el mismo turno dos que pertenezcan a tres números consecutivos, será suficiente asignar tres números circularmente consecutivos a los de un servicio, otros tres también consecutivos a los del otro, y el otro de los siete del grupo, a un obrero conocedor del trabajo de los dos servicios, que será el único que tendrá que realizar trabajo en ambos.

La coincidencia en el mismo turno de dos que pertenezcan a tres números consecutivos, se deduce fácilmente en la representación gráfica, pues, representados los turnos por diámetros, sus extremos separan dos, a cada lado, de las seis divisiones de la circunferencia, que no podrán pertenecer al mismo turno del diámetro considerado.

Puede verse con toda claridad si, teniendo en cuenta que no importa el orden en que se escriban los dos números de cada turno, escribimos los esquemas en forma conveniente poniendo en ellos de manifiesto los servicios. Si en los esquemas 5 y 6 tenemos en cuenta que, aparte ese orden y el traslado de turno todas las semanas son iguales, podemos escribirlos análogamente al esquema 4, con solamente el cuadro de la primera semana y escribiendo en otras columnas el traslado de turnos. Así lo hacemos en el esquema 7, en el que además reunimos las dos variantes y ponemos de manifiesto los dos servicios *a* y *b*; puede verse cómo únicamente el número 4 ha de realizar el trabajo en ambos. El número *n* puede tomar cualquier valor entero a partir de cero.

ESQUEMA 7

Días		L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	Semanas: 1.ª variante			Semanas: 2.ª variante		
Descanso		1	2	3	4	5	6	7	1 + 3 n.	2 + 3 n.	3 + 3 n.	1 + 3 n.	2 + 3 n.	3 + 3 n.
Trabajo	*a*	2	1	1	1	1	1	1	M	T	N	M	N	T
	b	5	5	5	5	4	4	4						
	a	3	3	2	2	2	2	2	T	N	M	N	T	M
	b	6	6	6	6	6	5	5						
	a	4	4	4	3	3	3	3	N	M	T	T	M	N
	b	7	7	7	7	7	7	6						

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

En este esquema, con la doble substitución de números y de turnos, se resuelve automáticamente, sin otro artificio, las distintas situaciones en turnos y servicios, y por brevedad dejamos de hacerlo ver en la representación gráfica para ejercicio fácil de aquel a quien le interese. Por la misma razón dejamos de construir otros esquemas análogos, en los que, en vez del 4, sea otro número cualquiera el que tenga que realizar los dos servicios, y nos limitamos a aconsejar la conveniencia de cambiar el número que haya de cumplirlo, entre los distintos grupos de esta clase en una misma explotación, con lo que se evita que siempre coincidan en trabajo todos los de esa condición. A este respecto, hacemos observar que, modificando también la situación inicial, podrían tenerse 21 soluciones distintas, lo que deducimos fácilmente relacionándolo con la vuelta al trabajo después del descanso, que podrá ser cualquiera de los $3 \times 7 = 21$ turnos de la semana.

La instrucción que precisa a dar a los obreros de grupos de esta clase, que llamaremos impares, será la misma a la que dijimos para los otros grupos, que llamaremos pares. Únicamente el que ha de realizar dos servicios precisa conocer quiénes son los de su mismo grupo, para situarse cada día en el del que se encuentre descansando, quien, precisamente, habrá dejado el hueco en el turno en que aquel se encuentre.

Con esas instrucciones, que los obreros interpretan fácilmente, y la vigilancia necesaria para que todas sean cumplidas, las situaciones se producen automáticamente y sin trastorno alguno.

Las relaciones para pase de lista al personal deben ser completas, y se pondrá en cada nombre el día o número indicativo del descanso, que manifestará por el esquema su situación en cada día. Los obreros de los grupos impares que han de prestar dos servicios deben figurar en ambos, y en su número indicativo del día de descanso se pondrá una indicación, que pudiera ser encerrarle entre paréntesis.

Por propia experiencia, podemos decir que en las fábricas en que hemos implantado estos acoplamientos, si bien el obrero empieza mostrando extrañeza y desconfianza, termina prefiriéndolos a cualquier otro que resuelva el descanso semanal, seguramente por su sencillez de acoplamiento e igualdad para todos.

a), b), c) *Comentario a los acoplamientos fundamentales.*—Tanto para uno, como para dos y tres turnos, resuelven prácticamente el descanso semanal en forma sencilla que podemos decir automática. Su único inconveniente serio procede de conservar el mismo día para el descanso de cada obrero en las sucesivas semanas, por lo que no se cumple el Reglamento para aplicación de la Ley del Descanso Dominical.

Este inconveniente quedará salvado en los acoplamientos legales fundamentales; pero antes consideramos conveniente hacer observar que puede haber producciones de temporada corta para las que sea aconsejable mantener el esquema fundamental, no permutando el descanso en domingo, pues aunque ello no introduce gran complicación, sí exige cierto tiempo en trabajo sin interrupción para que los obreros se habitúen a su cumplimiento y los encargados de la comprobación lo interpreten. La temporada pudiera ser de menos duración a la necesaria, hasta no dar lugar al desenvolvimiento del ciclo del acoplamiento, que en jornada semanal de cuarenta y ocho horas ha de ser, como mínimo, de siete semanas, para que a los siete de cada grupo pueda corresponderles el descanso en domingo. En estos casos debería ser suficiente el permutar los descansos al pasar de una a otra temporada; pero no debe olvidarse que, aunque no señala el período en que han de hacerse las permutaciones, la Ley obliga el que se hagan y que pueden hacerse semana a semana.

1,2.—Acoplamientos legales fundamentales.

Los deduciremos de los fundamentales, permutando semana a semana el descanso en domingo entre los siete de cada grupo; pero esto hemos de hacerlo no sólo intercambiando al que una semana descansó en domingo con otro cualquiera y conservando el descanso de los demás, porque entonces no habría igualdad para todos al pasar de una a otra situación de descanso, pues si, por ejemplo, el que hubiera descansado una semana en domingo intercambia para la siguiente con el que descansó el viernes, éste, que para su descanso al domingo no puede intercambiar también con el del viernes, porque entonces el ciclo de cambio quedaría cerrado entre esos dos; la razón es análoga a la que hace cambiar de turnos después de los descansos, no es que no sea posible obtener los acoplamientos; pero en ellos no habrá la regularidad que imponemos a los que llamamos fundamentales, legales o no. De aquí que el cambio del día del descanso, al pasar de una a otra semana, le han de tener todos los del grupo.

Por otra parte, esos cambios han de hacerse en forma que no sufran perturbación las situaciones... Pero antes de seguir sobre esto, recordemos:

Si en una ordenación o permutación de n elementos $a_1\ a_2\ a_3\ a_4\ a_5\ \dots\ a_n$; se establecen entre $a_2\ a_3\ a_5$, por ejemplo los cambios: a_2 por a_5, a_3 por a_2 y a_5 por a_3; se aplica la substitución $\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & a_5 & \dots & a_n \\ a_1 & a_5 & a_2 & a_4 & a_3 & \dots & a_n \end{vmatrix}$ y más brevemente la $\begin{vmatrix} a_2 & a_3 & a_5 \\ a_5 & a_2 & a_3 \end{vmatrix}$ ya que no es preciso poner de manifiesto a los elementos que no cambian.

Indicando una substitución los elementos que se corresponden al pasar de una a otra permutación, no importa el orden en que se escriban las columnas de cada par, de forma que:

$$\begin{vmatrix} a_2 & a_3 & a_5 \\ a_5 & a_2 & a_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_5 & a_3 & a_2 \\ a_3 & a_2 & a_5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_3 & a_5 & a_2 \\ a_2 & a_3 & a_5 \end{vmatrix} = \dots$$

Producto de varias substituciones es el resultado de aplicar una tras otra en un orden determinado, pues la operación no es siempre conmutativa.

$$\begin{vmatrix} a_2 & a_3 & a_5 \\ a_5 & a_2 & a_3 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} a_2 & a_3 & a_5 \\ a_3 & a_2 & a_5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_2 & a_3 & a_5 \\ a_5 & a_2 & a_3 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} a_2 & a_3 \\ a_3 & a_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_2 & a_3 & a_5 \\ a_5 & a_3 & a_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_2 & a_5 \\ a_5 & a_2 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} a_2 & a_3 & a_5 \\ a_3 & a_2 & a_5 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} a_2 & a_3 & a_5 \\ a_5 & a_2 & a_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_2 & a_3 \\ a_3 & a_2 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} a_2 & a_3 & a_5 \\ a_5 & a_2 & a_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_2 & a_3 & a_5 \\ a_2 & a_5 & a_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_3 & a_5 \\ a_5 & a_3 \end{vmatrix}$$

La substitución es circular $\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & \dots & a_n \\ a_2 & a_3 & a_4 & \dots & a_1 \end{vmatrix}$ si cada elemento está substituído por su siguiente y el último por el primero; y también $\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & \dots & a_n \\ a_n & a_1 & a_2 & \dots & a_{n-1} \end{vmatrix}$ si el primero substituye al último y a los demás su anterior.

Potencia de una substitución es el resultado de multiplicar sucesivamente por la misma las veces que indique su grado.

En la potencia del grado p de una substitución circular, el elemento de lugar m estará substituído por el de lugar $(m + p)$, o en su caso $(m - p)$, en ordenación circular, de lo que resulta que las potencias distintas de una substitución circular de n elementos son n; siendo la de grado n la substitución idéntica o substitución unidad, en la que cada elemento se substituye por sí mismo, volviéndose a la permutación primitiva.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

$$\left|\begin{matrix}1&2&3&4&5&6&7\\2&3&4&5&6&7&1\end{matrix}\right|^{3}=\left|\begin{matrix}1&2&3&4&5&6&7\\4&5&6&7&1&2&3\end{matrix}\right|;\quad\left|\begin{matrix}1&2&3&4&5&6&7\\7&1&2&3&4&5&6\end{matrix}\right|^{3}=\left|\begin{matrix}1&2&3&4&5&6&7\\5&6&7&1&2&3&4\end{matrix}\right|$$

$$\left|\begin{matrix}1&2&3&4&5&6&7\\2&3&4&5&6&7&1\end{matrix}\right|^{7}=\left|\begin{matrix}1&2&3&4&5&6&7\\1&2&3&4&5&6&7\end{matrix}\right|;\quad\left|\begin{matrix}1&2&3&4&5&6&7\\7&1&2&3&4&5&6\end{matrix}\right|^{7}=\left|\begin{matrix}1&2&3&4&5&6&7\\1&2&3&4&5&6&7\end{matrix}\right|$$

Y continuamos.

Determinaremos los cambios en los descansos de una a otra semana, por la substitución correspondiente entre los números representativos de los obreros, y los pondremos de manifiesto en los esquemas por el día de la semana que corresponda a cada uno descansar.

Ya hemos dicho antes que el cambio del día del descanso lo han de tener todos los obreros, lo que supone que los siete números del grupo han de sufrir substitución.

También para que, al menos, en ordenación circular, exista regularidad en los días en que se modifica el descanso, emplearemos, para los acoplamientos legales fundamentales, únicamente substituciones circulares o sus potencias.

Otra condición que imponemos a estos acoplamientos es que, al pasar de una a otra semana, no se perturben las situaciones, lo que, aún dentro de las substituciones circulares y sus potencias, limita las que se puedan emplear, y por ser esto distinto según los turnos por día, lo deduciremos para cada caso.

También, por regularidad, imponemos que la substitución para pasar de una a otra semana sea siempre la misma.

Otra razón que aconseja el empleo de substituciones circulares y sus potencias, es que su ciclo máximo es el del número de elementos, que es el mínimo necesario para que todos disfruten del descanso en domingo. En particular, para la jornada de cuarenta y ocho horas de que tratamos, por ser primo el número siete, el ciclo es siete en todos los casos.

a) *Un turno por día.*—Al estar todos los obreros en trabajo en un único turno, no se producirán perturbaciones en su situación, cualquiera que sea la sucesión de descansos, por lo que puede emplearse cualquier substitución para el paso de una a otra semana. Están limitadas esas substituciones únicamente por la condición que hemos impuesto, de que hayan de ser circulares o potencia de éstas. Se podrá tener, pues, siete tipos de acoplamientos distintos: uno el de la substitución idéntica, que es el simplemente fundamental, y otros seis que cumplirán las condiciones legales fundamentales, que se obtendrán con las seis primeras potencias de la substitución circular $\left|\begin{matrix}1&2&3&4&5&6&7\\2&3&4&5&6&7&1\end{matrix}\right|$ Esto es tan pueril que nos abstenemos de construir esquema de solución alguna.

b) *Dos turnos por día.*—Para determinar las substituciones que no producen perturbación de las situaciones, nos basta tomar en consideración el cambio producido al pasar del domingo de una semana al lunes de la siguiente, que son los días en los que se produce la ruptura en la ordenación circular correlativa 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 1, 2 ..... Para mejor observar este cambio, tengamos a la vista la representación gráfica fundamental (1,1 - *b* - solución III) según el domingo de la primera semana en que descansa el 7.

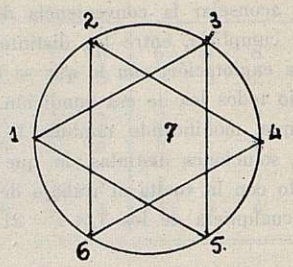


Fig. 6

Con la substitución circular directa, el lunes de la segunda semana descansará el 2 que es el que substituye al 1 que descansó el lunes de la primera, el 7 pasará a ocupar el lugar del 2 situándose en el mismo turno de su correlativo anterior, el 6; a la vez, al ordenar en la representación gráfica los números correlativamente y faltar el 2, que descansa, el 1 y el 3 que están en el mismo turno se sitúan también correlativamente, y se tendrá solución del tipo II). Se ha producido perturbación.

Análogamente ocurre con la segunda, tercera y cuarta potencia de la substitución circular directa; esto es, si el 7 fuera a situarse en lugar del 3, del 4 ó del 5.

Nos quedan como soluciones posibles las substituciones:

$$\left|\begin{matrix}1&2&3&4&5&6&7\\2&3&4&5&6&7&1\end{matrix}\right|^{5}=\left|\begin{matrix}1&2&3&4&5&6&7\\6&7&1&2&3&4&5\end{matrix}\right|\ \text{y}$$

$$\left|\begin{matrix}1&2&3&4&5&6&7\\2&3&4&5&6&7&1\end{matrix}\right|^{6}=\left|\begin{matrix}1&2&3&4&5&6&7\\7&1&2&3&4&5&6\end{matrix}\right|$$

Pero es fácil ver que la primera supone volver cada lunes a las situaciones del sábado anterior, con lo que el que descansa en domingo se sitúa después del descanso en el mismo turno en que se encontraba antes de descansar, y no se cumple la condición de cambio de turno que impusimos como fundamental.

Queda como única solución la segunda, con la que obtenemos el esquema 8, partiendo de la primera semana del fundamental.

Sólo hemos escrito el primero y último día de cada semana, por brevedad de espacio. La variación de situaciones dentro de cada semana es igual que para los acoplamientos fundamentales.

Vimos que en los esquemas fundamentales el ciclo de situaciones en los turnos era de dos semanas; ahora, en cada semana, retrasamos un día; durante los siete del esquema el retraso será de una semana completa, con lo que, al final de la séptima, se tendrán las mismas situaciones que al empezar la primera; así lo vemos en el esquema. El ciclo, tanto de las substituciones de sucesión de descansos, como de situaciones, es de siete semanas.

Hacemos observar que este acoplamiento se deduce del fundamental por la paralización de las situaciones entre el domingo y lunes.

También hacemos observar, tanto para este caso como en gene-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ESQUEMA 8

Semanas		1.ª	2.ª	3.ª	4.ª	5.ª	6.ª	7.ª
Días		L — D	L — D	L — D	L — D	L — D	L — D	L — D
En descanso		1 — 7	7 — 6	6 — 5	5 — 4	4 — 3	3 — 2	2 — 1
En trabajo	M.....	2 — 1 4 — 3 6 — 5	1 — 7 3 — 2 5 — 4	7 — 6 2 — 1 4 — 3	6 — 5 1 — 7 3 — 2	5 — 4 7 — 6 2 — 1	4 — 3 6 — 5 1 — 7	3 — 2 5 — 4 7 — 6
	T.....	5 — 4 7 — 6 3 — 2	4 — 3 6 — 5 2 — 1	3 — 2 5 — 4 1 — 7	2 — 1 4 — 3 7 — 6	1 — 7 3 — 2 6 — 5	7 — 6 2 — 1 5 — 4	6 — 5 1 — 7 4 — 3

ral para todos los acoplamientos, que cerramos las semanas el domingo. Si en lugar del domingo se quieren cerrar cualquier otro día, fácil es correr los de la semana al conveniente para cada caso particular. Valga esta observación para todos los casos en que no hagamos indicación especial.

c) *Tres turnos por día.*—Análogamente al caso anterior deduciríamos como única aplicable la substitución $\begin{matrix}1&2&3&4&5&6&7\\7&1&2&3&4&5&6\end{matrix}$ con la cual construímos el esquema 9, partiendo de la primera semana del 7.

ESQUEMA 9

Semanas			1.ª	2.ª	3.ª	4.ª	5.ª	6.ª	7.ª
Días			L — D	L — D	L — D	L — D	L — D	L — D	L — D
En descanso			1 — 7	7 — 6	6 — 5	5 — 4	4 — 3	3 — 2	2 — 1
1.ª variante	2.ª variante								
M	M	*a*	2 — 1	1 — 3	3 — 2	2 — 1	1 — 4	4 — 3	3 — 2
		b	5 — 4	4 — 7	7 — 6	6 — 5	5 — 7	7 — 6	6 — 5
T	N	*a*	3 — 2	2 — 1	1 — 3	3 — 2	2 — 3	1 — 4	4 — 3
		b	6 — 5	5 — 4	4 — 7	7 — 6	6 — 5	5 — 7	7 — 6
N	T	*a*	4 — 3	3 — 2	2 — 1	1 — 3	3 — 2	2 — 1	1 — 4
		b	7 — 6	6 — 5	5 — 4	4 — 7	7 — 6	6 — 5	5 — 7

También en este acoplamiento y por razón análoga al del esquema 8, el ciclo de situaciones y el de sucesión de descansos es de siete semanas, siendo en todo, la octava, coincidente con la primera.

1,3.—Otros acoplamientos.

Si no satisfacen las condiciones fundamentales, pueden tenerse gran variedad de soluciones, algunas de las cuales pueden ser útiles para atender a determinadas particularidades. Limitándonos al caso de tres turnos, que es el de más interés, pueden obtenerse diversos acoplamientos partiendo de las soluciones I), II), III) y IV) de la representación gráfica, que rechazamos por no satisfacer a las condiciones fundamentales; pero podrán ser útiles en algún caso especial. Así, por la razón que sea, puede tenerse necesidad de un acoplamiento en el que se tenga un obrero que, salvo el día de su descanso, se encuentre siempre en el mismo turno, el que cambiarán todos los demás después del descanso; nos da este acoplamiento las situaciones de la solución II), que tenemos a la vista, haciendo que de los dos que se encuentran en el mismo turno uniendo divisiones contiguas, descanse primero, todas las semanas, el que no ha de cambiar de turno, haciéndolo todos los demás en orden numérico circularmente correlativo. Partiendo de estas situaciones iniciales, siendo el 2 el que ha de estar siempre en el turno de la mañana y paralizando las situaciones del sábado a domingo, análogamente a los acoplamientos legales fundamentales, construimos el esquema 10, del que sólo escribimos las cuatro primeras semanas, que pueden continuarse sin dificultad alguna.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

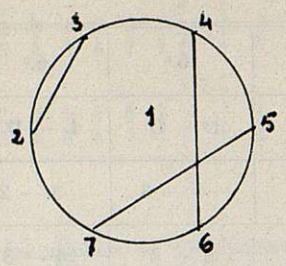


Fig. 7.

Puede deducirse:

El acoplamiento cumple las condiciones legales, excepto para el número 2.

El ciclo es de seis semanas.

Para la variación de descansos de una a otra se emplea la substitución $\left|\begin{matrix}1&3&4&5&6&7\\7&1&3&4&5&6\end{matrix}\right|$

Nos abstenemos de exponer casos en que pudiera ser útil la utilización de las situaciones de las soluciones I), III) y IV), ya que son muy diversos los que pudieran presentarse, y lo dejamos para quien en particular se le presente la necesidad.

Sin perder las situaciones de la representación fundamental, pero dejando de satisfacer alguna otra condición de aquellos acoplamientos, podríamos obtener otros, no fundamentales, pero en los que se cumplieran los legales. Así, con la substitución $\left|\begin{matrix}1&2&3&4&5&6&7\\6&7&1&2&3&4&5\end{matrix}\right|$ para la sucesión de descansos de una a otra semana, construimos el esquema 11.

ESQUEMA 10

Semanas	Primera							Segunda							Tercera							Cuarta						
Días	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
En descanso	1	2	3	4	5	6	7	7	2	1	3	4	5	6	6	2	7	1	3	4	5	5	2	6	7	1	3	4
M	2	1	2	2	2	2	2	2	7	2	2	2	2	2	2	6	2	2	2	2	2	2	5	2	2	2	2	2
	3	3	1	1	1	1	1	1	1	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5
T	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6
	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	1	1
N	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	7	7	7
	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	3

ESQUEMA 11

Semanas			Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	Sexta	Séptima
Días			LM — SD	LM — SD	LM — SD	LM — SD	LM — SD	LM — SD	LM — SD
En descanso			12 — 67	67 — 45	45 — 23	23 — 71	71 — 56	56 — 34	34 — 12
1.ª Vart.	2.ª Vart.								
M	M	*a*	21 — 11	11 — 33	33 — 32	32 — 22	22 — 11	11 — 43	43 — 33
		b	55 — 44	44 — 77	77 — 66	66 — 55	55 — 44	44 — 77	77 — 66
T	N	*a*	33 — 22	22 — 11	11 — 44	44 — 33	33 — 22	22 — 11	11 — 77
		b	66 — 55	55 — 54	54 — 77	77 — 66	66 — 65	65 — 55	55 — 44
N	T	*a*	44 — 33	33 — 22	22 — 11	11 — 14	14 — 33	33 — 22	22 — 21
		b	77 — 76	76 — 66	66 — 55	55 — **47**	47 — 77	77 — 66	66 — 55

El ciclo de las variaciones de los días de descanso es de siete semanas, pero al transcurrir éstas no vuelven a reproducirse las situaciones en los turnos, situaciones que se modifican en dos días por semana respecto a las del acoplamiento fundamental, o sea, en dos semanas durante los siete del ciclo de descansos. Como se precisa que esto se repita tres veces para que las modificaciones sean múltiplo de los tres turnos, resulta que el ciclo del acoplamiento es de veintiuna semana, y es la veintidós coincidente con la primera. Este acoplamiento satisface a las condiciones legales; pero la irregularidad que produce el

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

retroceso del lunes a las situaciones del sábado, por lo que no cumple las fundamentales de regularidad en los cambios de turno, no hace aconsejable su puesta en práctica.

Siguiendo distinta orientación, podemos obtener otros esquemas, en los que también se mantengan las situaciones fundamentales. Consiste en suprimir el descanso de algunos números, pero modificando su situación como si hubieren descansado, con lo que habrá otros que en la semana repitan su descanso en tanto como los que hubieran dejado de hacerlo; pero si esto lo hacemos de forma metódica, durante un ciclo más o menos largo, todos habrán pasado por las mismas posiciones durante tiempos iguales; y si, además, hacemos coincidir los descansos suprimidos, con cambio de turno en avance, se produce un *disimulado* descanso, que cumple el precepto legislativo de que los que trabajen en domingo deben tener un descanso de veinticuatro horas consecutivas dentro de los siete días, contados a partir del propio domingo. Aquí el artificio que señalamos en (0,1 - a).

Partiendo del esquema 6, fundamental de la segunda variante, los cambios de turno en avance son los de M a N; de la salida del M a la entrada el día siguiente al N, transcurren treinta y dos horas, con lo que el obrero que haga el traslado, aunque sin descanso efectivo, cumple el precepto legislativo. Estos cambios de turno se producen de tres en tres días —pues los turnos son tres y cada día corresponde a uno distinto —con lo que se tendrán distintas soluciones según que en la sucesión 1, 2, 3... 7, 1, 2... suprimamos el descanso cada tres, seis, nueve... números.

Consideraremos sólo los tres primeros casos, según los cuales construimos los esquemas: 12, suprimiendo el descanso con el traslado de turno de nueve en nueve días; 13, de seis en seis y 14 de tres en tres. En los tres esquemas manifestamos el traslado de turno escribiendo el número correspondiente más alto que los que descansan, entre los días que se produce.

En el esquema 12, al hacer el traslado de turno sin descanso cada nueve días, se adelantan en un día las situaciones cada ocho descansos, o sea, cada ocho días; en ocho semanas se adelantan en una semana, de forma que, la iniciación de la novena, tendrá iguales situaciones que en la primera. De aquí el ciclo es de ocho semanas.

Análogamente:

El ciclo del acoplamiento del esquema 13 es de cinco semanas.

El del esquema 14 es de dos semanas.

ESQUEMA 12

Semanas		Primera							Segunda							Tercera						
Días		L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
En descanso		1^2	3	4	5	6	7	1	2	3^4	5	5	7	1	2	4	4	5^6	7	1	2	3
M	*a*	2	1	1	1	1	1	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1
	b	5	5	5	4	4	4	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5
T	*a*	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	4	4	4
	b	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	4	4	7	7	7
N	*a*	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	4	4	4	3	3	3	3	3	2
	b	6	6	6	6	5	5	5	5	5	4	4	4	7	7	7	7	7	6	6	5	6

ESQUEMA 13

Semanas		Primera							Segunda							Tercera						
Días		L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
En descanso		1^2	3	4	5	6	7^1	2	3	4	5	6^7	1	2	3	4	5^6	7	1	2	3	4
M	*a*	2	1	1	1	1	1	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1
	b	5	5	5	4	4	4	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5
T	*a*	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	4	4	4	3
	b	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	4	4	7	7	7	7
N	*a*	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2
	b	6	6	6	6	5	5	5	5	5	4	4	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ESQUEMA 14

Semanas		Primera							Segunda							Tercera						
Días		L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
En descanso		1^{2}	3	4^{5}	6	7^{1}	2	3	4^{5}	6^{7}	1	2^{3}	4	5^{6}	7	1^{2}	3	4^{5}	6	7^{1}	2	3
M	*a*	2	1	1	1	1	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	4	4
	b	5	5	5	4	4	7	7	7	7	6	6	6	6	5	5	5	5	4	4	7	7
T	*a*	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	4	4	3	3	3	3	2
	b	7	7	7	7	6	6	6	6	5	5	5	5	4	4	7	7	7	7	6	6	6
N	*a*	3	2	2	2	2	1	1	1	1	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1
	b	6	6	6	5	5	5	5	4	4	7	7	7	7	6	6	6	6	5	5	5	5

Ninguno de los tres satisface con regularidad a las condiciones legales: en el 12, durante las ocho semanas del ciclo, uno de los números descansa en domingo dos veces y los otros una sola vez; en el 13, durante las cinco semanas, descansan cinco distintos en domingo y no llega a corresponder el descanso de este día a los otros dos; en el 14, son solamente dos los que llegan a descansar en domingo. Al reproducirse el ciclo vuelven los descansos los mismos días a los mismos números. La igualdad para todos los números podrá obtenerse como media de siete ciclos paralizando un día las situaciones al pasar de uno a otro, en forma análoga a como se hizo de una a otra semana en los esquemas legales fundamentales.

Tendremos ciclo más corto partiendo del esquema 5, fundamental de la primera variante. Con él, los cambios de turno en adelante son: M a T y T a N. Se pueden hacer dos cambios sin descanso cada tres días; en los siete días de la semana se producirán: siete cambios con descanso y catorce sin descanso, en total veintiuno, igual que durante las tres semanas del ciclo del acoplamiento fundamental; el ciclo será de una sola semana, durante la cual cada número habrá tenido un descanso efectivo y dos traslados de turno sin descanso. Es interesante observar cómo en la repetición de los descansos de unos números por el traslado sin descanso de otros, en este acoplamiento se equilibran unos con otros, descansando efectivamente todos una sola vez durante la semana.

Repitiendo el ciclo de una semana, solamente uno de los números descansaría siempre en domingo. Podemos hacer que cambie de una semana a otra el que descanse en domingo en forma análoga a los acoplamientos legales fundamentales paralizando las situaciones entre domingo y lunes. Así lo hacemos en el esquema 15, que completado nos dará un acoplamiento con un ciclo de siete semanas, durante las cuales habrán disfrutado el descanso en domingo todos los obreros.

En principio parece demasiado corta la estancia de cada obrero en un mismo turno y que ha de resultar complicada la introducción de los cambios de turno sin descanso. Sin embargo, consideramos de interés este último acoplamiento que pudiera ser bien aceptado por los obreros por su mayor regularidad en los espacios de tiempo fuera del trabajo, que la de los esquemas fundamentales. Estos tiempos son para la primera variante en los dos casos:

Esquema fundamental, esquema 5: descanso y cambio de turno en adelanto, 48 horas; descanso y cambio de turno en retraso, 24 horas; paso de uno a otro día sin descanso, 16 horas.

Esquema 15: descanso y cambio de turno en retraso, 24 horas; cambio de turno en adelanto sin descanso, 24 horas; paso de uno a otro día sin descanso ni cambio de turno, 16 horas.

ESQUEMA 15

Semanas		Primera							Segunda							Tercera						
Días		L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
En descanso		1^{23}	4^{56}	7^{12}	3^{45}	6^{71}	2^{34}	5	5^{67}	1^{23}	4^{56}	7^{12}	3^{45}	6^{71}	2	2^{34}	5^{67}	1^{23}	4^{56}	7^{12}	3^{45}	6
M	*a*	2	1	1	4	3	3	2	2	2	1	1	4	3	3	3	2	2	1	1	4	3
	b	5	5	4	7	7	6	6	6	5	5	4	7	7	6	6	6	5	5	4	7	7
T	*a*	3	2	2	1	1	4	3	3	3	2	2	1	1	4	4	3	3	2	2	1	1
	b	6	6	5	5	4	7	7	7	6	6	5	5	4	7	7	7	6	6	5	5	4
N	*a*	4	3	3	2	2	1	1	1	4	3	3	2	2	1	1	1	4	3	3	2	2
	b	7	7	6	6	5	5	4	4	7	7	6	6	5	5	5	4	7	7	6	6	5

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

1,6.—Observaciones y comentarios.

Considerados circularmente, como si cada día retrocediera a superponerse con su anterior, los acoplamientos fundamentales presentan perfecta regularidad; pero ese retroceso no es una realidad física, y de aquí la desigualdad del tiempo transcurrido en los descansos entre la salida del trabajo y la entrada a éste después de descansar, diferencia que es de veinticuatro horas, según que el traslado de turno sea en adelanto o en retraso y que procede para cada una de las variantes de acoplamiento fundamentales para tres turnos:

En la primera variante, esquema 5, se tienen dos traslados de turno, de M a T y de T a N en adelanto, y uno, de N a M, en retraso; si estos cambios se consideran dentro de un mismo día, para pasar del final del uno al principio del otro, en los primeros, no transcurre tiempo alguno; en el segundo, hay que retroceder veinticuatro horas. De aquí que, cuando se produce el cambio de turno en adelante, transcurren cuarenta y ocho horas —veinticuatro del día en descanso y veinticuatro al volver al día siguiente a la misma hora que se salió— entre la salida y entrada al trabajo, y solamente veinticuatro: esas cuarenta y ocho menos las veinticuatro de retroceso, en los cambios en retroceso; como media de los tres descansos se tiene: $(2 \times 48 + 24): 3 = 40$ horas; las mismas que si después de cada descanso no hubiera traslado de turno.

En la segunda variante, esquema 6, se tiene en adelanto sólo el traslado de turno de M a N y en retroceso los dos de T a M y de N a T; dentro de un mismo día para el paso en el primero se avanza ocho horas, en los segundos se retroceden dieciséis, teniéndose la diferencia $8 - (-16) = 24$ horas, como en el caso anterior. El tiempo transcurrido es: para el cambio en adelanto, cincuenta y seis horas; para los dos en retraso, treinta y dos; la media de los tres es $(56 + 2 \times 32); 3 = 40$ horas, como en la primera variante.

Respecto a lo expuesto ofrece mayor regularidad, como hicimos ver, el acoplamiento del esquema 15.

Ocurre lo mismo respecto a las semanas, en los acoplamientos legales fundamentales, presentan regularidad circular; pero por ser realidad física la superposición de cada semana a su anterior, hay un obrero que al cambiar el descanso lo retrasa en seis días, mientras los otros seis lo adelantan un día.

En los esquemas para tres turnos con dos servicios, hemos asignado el número 4 al obrero que ha de realizar ambos; ya hicimos observar y lo repetimos para todos los casos, que ese número puede ser otro cualquiera y que debe cambiar en los distintos grupos impares de una misma explotación; la condición es que se asignan tres números consecutivos para los que han de estar fijos en cada uno de los servicios siempre que se mantengan las situaciones que hemos llamado fundamentales, y fácil es construir el esquema correspondiente, aunque prácticamente no es necesario, como tampoco lo es poner de manifiesto los servicios, lo que hacemos para evidencia de la compatibilidad, más que por necesidad práctica.

Pueden presentarse casos particulares en que el número de obreros por turno no sea el mismo en todos ellos, y turnos con horario distinto a los normales, y con ellos número distinto de obreros según los días. Se podrán resolver con aprovechamiento total si el número medio de obreros necesarios por día es seis o múltiplo de seis; no tiene aprovechamiento total en caso contrario. Entre la gran variedad de casos especiales que pueden presentarse, nos limitamos a exponer el acoplamiento del esquema 16, puesto en práctica por nosotros, aunque su aprovechamiento no es total, ni cumple la permutación del descanso en domingo; esto, precisamente por ser su necesidad reforzar los servicios los domingos y fiestas.

Se trata del acoplamiento de servicios de portería y guardas, de los que son precisos:

Días laborables, un portero y tres guardas, éstos en turnos: T, de cuatro de la tarde a doce de la noche; N_1, de diez de la noche a seis de la mañana, y N_2, de las doce de la noche a las ocho de la mañana.

Domingos y fiestas, los mismos anteriores, más un guarda en turno N, de ocho mañana a cuatro tarde.

Como mínimo son necesarios: un portero P; tres guardas 1, 2, 3 y un substituto S, que hará de portero o guarda, según el que descanse.

El ciclo de este acoplamiento es de tres semanas, durante las cuales los tres guardas 1, 2, 3 pasan por las mismas situaciones; el portero P presta sólo servicio de portería y S de portería y turnos M y T, y se traslada de uno a otro en adelanto o después del descanso, que es la forma menos engorrosa. El aprovechamiento no es total por la estancia de S, el sábado, en el turno M, lo que se aprovecha si se tiene alguna fiesta intersemanal; en este caso se paralizan en ella los descansos, situando a S en

ESQUEMA 16

Semanas	Primera							Segunda							Tercera						
Días	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
Descanso	1	2	3	S	P	—	—	3	1	2	S	P	—	—	2	3	1	S	P	—	—
Portería	P	P	P	P	S	P	P	P	P	P	P	P	S	P	P	P	P	P	S	P	P
M	—	—	—	—	—	S	S	—	—	—	—	—	S	S	—	—	—	—	—	S	S
T	S	S	S	S	3	3	3	S	S	S	S	2	2	2	S	S	S	S	1	1	1
N_1	2	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
N_2	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

el turno M y al que descansó el día anterior en el que correspondiera a S; retrasando en un día las situaciones de los siguientes, se tendrán el sábado las del viernes del esquema. Con más de una fiesta intersemanal queda sin cubrir la necesidad de guarda en el turno M, lo que podrá cubrirse con suplente extraño o con extraordinario del que en ese día le correspondiera descansar.

Teniendo en cuenta la definición que dimos a la expresión-equipo (0,2), cada número de los esquemas podrá representar:

Para el caso de un turno por día, en que se tienen seis números conjuntamente en trabajo, lo mismo a un solo obrero que hasta un sexto de equipo.

Para dos turnos por día, para los que se tienen tres números conjuntamente en trabajo, a un solo obrero o hasta un tercio de equipo.

Con tres turnos, a un solo obrero o hasta medio equipo.

Refiriéndonos a los acoplamientos legales fundamentales, en particular para tres turnos, pueden tenerse dos tipos distintos, según que el cambio de turno del obrero que repite el descanso al pasar de una a otra semana, sea en adelanto o en retraso; el tiempo transcurrido entre la salida y entrada al trabajo después del descanso para este obrero será:

En la primera variante: cambio en adelanto, setenta y dos horas; cambio en retraso, cuarenta y ocho horas, las mismas que que los descansos sencillos con cambio en adelanto.

En la segunda variante: cambio en adelanto, ochenta horas; cambio en retraso, cuarenta y seis horas, también las mismas que en los descansos sencillos con cambio en adelanto.

Para las dos variantes, dan mayor regularidad al acoplamiento los cambios en retraso, así resolvemos en los del esquema 9, que es la solución que aconsejamos, sin inconveniente a la posibilidad de resolver con cambios en adelante, para lo que bastaría modificar convenientemente las situaciones iniciales haciendo que estuviera en el turno M (o también el T para la primera variante) el que ha de repetir el descanso.

Todo caso general podrá ser resuelto con los acoplamientos legales fundamentales que son de fácil puesta en práctica y en ellos no encontramos inconveniente a su empleo, siempre que la explotación a que se aplique sea anualmente permanente o de temporada suficientemente larga para que el obrero se habitúe a su uso; de no ser así, pudiera ser aconsejable, como ya dijimos, el empleo de los fundamentales no legales, pero sin olvidar la limitación que los de esa falta de legalidad, por lo que, si bien cumplen el descanso semanal sin excepción alguna, dejan de satisfacer el descanso dominical igual para todos los obreros. Fuera de estos acoplamientos, como aplicación a casos generales, únicamente consideramos de interés para ser puesto en práctica el del esquema 15.

Y para terminar con la jornada semanal de cuarenta y ocho horas:

Esperamos que lo expuesto sea suficiente para que, al que se le presente la necesidad de resolver cualquier caso especial, aunque no lo esté en los anteriores esquemas, pueda deducir el acoplamiento más conveniente, o la imposibilidad, pudiera ocurrir, de tener solución correcta con aprovechamiento total, pues sin esta condición se tendrá siempre solución.

II

JORNADA SEMANAL DE CUARENTA Y CUATRO HORAS

2,0.—Consideraciones generales.

En la jornada semanal de cuarenta y cuatro horas, que está vigente en algunas industrias españolas, los acoplamientos no son tan sencillos como en la anterior de cuarenta y ocho, pues con la relación que ahora se tiene entre tiempos en descanso y en trabajo, resulta insuficiente un obrero para substituir el descanso de seis, pues no hay tiempo suficiente en los huecos de los descansos para otro obrero.

La dificultad crece al aumentar el número de turnos por día. Se obtiene para cada caso los acoplamientos de que pasamos a tratar.

2,1.—*Acoplamientos fundamentales.*

Como en la anterior jornada semanal, vamos a considerar los distintos casos del número de turnos por día.

a) *Un turno por día.*—Seguimos la deducción general (0,3).

$$\left.\begin{array}{l}\text{Jornada semanal: } S = 44 \text{ horas}\\ \text{Jornada diaria: } D = 8 \text{ horas}\\ \text{Tiempo en descanso: } t = 7 \times 8 - 44 = 12 \text{ horas}\end{array}\right\} \quad R = \frac{t}{S} = \frac{12}{44} = \frac{3}{11} = \frac{a}{b}$$

Se formarán grupos de (3 + 11) = 14 obreros: tres en descanso y once en trabajo.

Como el tiempo semanal en descanso para cada obrero es de doce horas, o sea, jornada y media diaria, habrá que dividir la de cada día en dos semi-jornadas de cuatro horas y con ello dar los descansos en forma análoga que en la llamada jornada inglesa, con la completa de un día y media del inmediato, que puede ser la última mitad del anterior o la primera del siguiente. Pondremos de manifiesto en los esquemas estas medias jornadas con las letras *a*, a la primera y *b*, a la última de cada turno.

Como sucesión de descansos, asignamos a cada número, en ordenación circular correlativa, tres medias jornadas consecutivas —no continuas— según escribimos en el esquema 17.

Con un solo turno se tendrán las situaciones en cada semi-jornada, colocando en trabajo, en cualquier orden, a los once que no estén en descanso. Para construir ordenadamente el esquema hemos escrito los once en trabajo la primera semi-jornada correlativamente, y hemos pasado los siguientes por la substitución entre los que descansan y los que empiezan a descansar.

En el caso en que los once en trabajo hayan de realizar el mismo servicio, no importa el orden en que se escriban; si los servicios fueran varios, convendrá ponerlos de manifiesto asignando a cada uno el número de líneas igual al de obreros que han de realizarlo y estudiar la distribución más conveniente a las aptitudes particulares de los catorce del grupo. Siguiendo el automatismo de las substituciones con que hemos constituído el esquema, cada obrero está, salvo el 1, 5, 10, 14, que solamente están en una, en dos líneas, en una antes y en otra después del descanso y, si cada línea representa un servicio distinto, será suficiente que cada obrero conozca el trabajo de dos de ellos para que todos queden cumplidos.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ESQUEMA 17

Días	L.		M.		m.		J.		V.		S.		D.	
	a	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*
En descanso	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5
	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10
	10	10	11	11	11	12	12	12	13	13	13	14	14	14
En trabajo	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	8	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7
	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8
	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9
	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11
	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12
	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	13	13	13

b) *Dos turnos por día.*—Encontramos, como en el caso anterior:

$$= \frac{3}{11} = \frac{a}{b}$$

y siendo ahora N = 2; $m.\,c.\,m.\,(b,N) = m.\,c.\,m.\,(11,2) = 22 = 2\,b = B$

resultando $A = 2\,a = 6$

Los grupos serán de (A + B) = 28 obreros: seis en descanso y veintidós —once en cada turno— en trabajo.

Distribuyendo los descansos en forma análoga al caso anterior y teniendo en cuenta lo que seguidamente expondremos para las situaciones iniciales con tres turnos, es fácil a quien le interese construir el esquema para el acoplamiento de los dos turnos, en lo que, por brevedad, nosotros nos abstenemos.

c) *Tres turnos por día.*—Como en los casos anteriores obtendremos:

$$P = \frac{3}{11} = \frac{a}{b}$$

$$m.\,c.\,m.\,(b, N) = m.\,c.\,m.\,(11,3) = 33 = 3\,b = B \quad ; \quad A = 3\,a = 9$$

Se formarán grupos de (A + B) = 42 obreros: nueve en descanso y treinta y tres —once en cada turno— en trabajo, y se obtiene el acoplamiento del esquema 18.

Para construir el esquema hemos fijado la sucesión de descanso, repitiendo en tres semi-jornadas consecutivas cada número, en ordenación progresiva y circular, en forma análoga que en el esquema 17; se determinan después las situaciones iniciales y se pasa a las sucesivas por el automatismo de las substituciones entre los que terminan y empiezan a descansar.

Para determinar las situaciones iniciales podríamos haber construído la representación gráfica, que en este caso sería una circunferencia dividida en treinta y tres partes iguales, situaríamos en el círculo los nueve números, ya escritos en el esquema, en descanso la primera jornada del lunes, y escribiríamos los restantes en ordenación circular correlativa en las treinta y tres divisiones de la circunferencia. Se tendrían los de cada turno uniendo esos treinta y tres, de tres en tres, con lo que se tendrían tres polígonos de once lados, representación de los tres turnos; pero resulta engorroso y podemos hacerlo más fácil y con resultado visual de conjunto más claro, si escribimos de tres en tres progresivamente los números en trabajo, en columnas de a tres, con lo que quedarán escritos en tres filas, cada una de las cuales pertenecerá a un turno. Para tenerlos a la vista, escribimos primero los ya determinados en descanso la semi-jornada inicial. Según el sentido de cambios de turno las líneas quedarán ordenadas en el orden M, T, N o en el M, N, T. Así obtenemos para las situaciones de la primera semi-jornada:

En descanso;	1	5	10	15	19	24	29	33	38
M M	2	6	9	13	17	21	25	28	32	36	40
T ó N	3	7	11	14	18	22	26	30	34	37	41
N T	4	8	12	16	20	23	27	31	35	39	42

Análogamente a como dijimos para el caso de un solo turno, no importa el orden con que escribamos los de cada turno en trabajo, si todos han de realizar un mismo servicio. Si los servicios son varios dentro de cada turno, se podrán poner de manifiesto asignando las líneas del mismo orden a los mismos servicios, y aun en el caso extremo, once servicios distintos no es necesario que todos trabajen en más de uno.

Sin perder el automatismo de las substituciones para la confección del esquema, podemos observar considerando sólo la primera semana:

Los nueve inicialmente en descanso entran después de éste al trabajo sin salir del mismo turno ni de la misma línea del esquema; puede asignárseles un único servicio.

Los once inicialmente en el primer turno del esquema —el M—, o no cambian, por tener el descanso las tres últimas semi-jornadas, o, al cambiar de turno después del descanso, se colocan en línea del mismo orden a la que estaban; puede también asignárseles un solo servicio.

Los once inicialmente en el segundo turno del esquema —el T

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ESQUEMA 18

Días	L. a — b	M. a — b	m. a — b	J. a — b	V. a — b	S. a — b	D. a — b	Semanas 1.ª variante			2.ª variante		
Descanso	1 1 / 5 6 / 10 10 / 15 15 / 19 20 / 24 24 / 29 29 / 33 34 / 38 38	1 2 / 6 6 / 11 11 / 16 16 / 20 20 / 25 25 / 29 30 / 34 34 / 38 39	2 2 / 7 7 / 11 12 / 16 16 / 21 21 / 25 26 / 30 30 / 35 35 / 39 40	3 3 / 7 8 / 12 12 / 17 17 / 21 22 / 26 26 / 31 31 / 35 36 / 40 40	3 4 / 8 8 / 13 13 / 17 18 / 22 22 / 27 27 / 31 32 / 36 36 / 41 41	4 4 / 9 9 / 13 14 / 18 18 / 23 23 / 27 28 / 32 32 / 37 37 / 41 42	5 5 / 9 10 / 14 14 / 19 19 / 23 24 / 28 28 / 33 33 / 37 38 / 42 42	3_n + 1	3_n + 2	3_n + 3	3_n + 1	3_n + 2	3_n + 3
Trabajo	2 2 / 6 5 / 9 9 / 13 13 / 17 17 / 21 21 / 25 25 / 28 28 / 32 32 / 36 36 / 40 40	2 1 / 5 5 / 9 9 / 13 13 / 17 17 / 20 21 / 24 24 / 28 28 / 32 32 / 36 36 / 40 40	1 1 / 5 5 / 9 9 / 13 13 / 16 17 / 20 20 / 24 24 / 28 28 / 32 32 / 36 35 / 39 39	1 1 / 5 5 / 9 9 / 12 13 / 16 16 / 20 20 / 24 24 / 28 28 / 32 32 / 35 35 / 39 39	1 1 / 5 5 / 9 8 / 12 12 / 16 16 / 20 20 / 24 24 / 28 28 / 31 31 / 35 35 / 39 39	1 1 / 5 4 / 8 8 / 12 12 / 16 16 / 20 20 / 24 23 / 27 27 / 31 31 / 35 35 / 39 39	1 1 / 4 4 / 8 8 / 12 12 / 16 16 / 20 20 / 23 27 / 27 31 / 31 35 / 35 39 / 39 39	M	T	N	M	N	T
	3 3 / 7 7 / 11 11 / 14 14 / 18 18 / 22 22 / 26 26 / 30 30 / 34 33 / 37 37 / 41 41	3 3 / 7 7 / 11 10 / 14 14 / 18 18 / 22 22 / 26 26 / 30 29 / 34 33 / 37 37 / 41 41	3 3 / 6 6 / 10 10 / 14 14 / 18 18 / 22 22 / 25 25 / 29 29 / 33 33 / 37 37 / 41 41	2 2 / 6 6 / 10 10 / 14 14 / 18 18 / 21 21 / 25 25 / 29 29 / 33 33 / 37 37 / 41 40	2 2 / 6 6 / 10 10 / 14 14 / 17 18 / 21 21 / 25 25 / 29 29 / 33 33 / 37 37 / 40 40	2 2 / 6 6 / 10 10 / 13 13 / 17 17 / 21 21 / 25 25 / 29 29 / 32 33 / 36 36 / 40 40	2 2 / 6 6 / 9 9 / 13 13 / 17 17 / 21 21 / 25 25 / 29 29 / 32 32 / 36 36 / 40 40	T	N	M	N	T	M
	4 4 / 8 8 / 12 12 / 16 16 / 20 19 / 23 23 / 27 27 / 31 31 / 35 35 / 39 39 / 42 42	4 4 / 8 8 / 12 12 / 15 15 / 19 19 / 23 23 / 27 27 / 31 31 / 34 34 / 38 38 / 42 42	4 4 / 8 8 / 12 11 / 15 15 / 19 19 / 23 23 / 27 27 / 31 30 / 34 34 / 38 38 / 42 42	4 4 / 7 7 / 11 11 / 15 15 / 19 19 / 23 23 / 27 27 / 30 30 / 34 34 / 38 38 / 42 42	4 3 / 7 7 / 11 11 / 15 15 / 19 19 / 23 22 / 26 26 / 30 30 / 34 34 / 38 38 / 42 42	3 3 / 7 7 / 11 11 / 15 15 / 18 18 / 22 22 / 26 26 / 30 30 / 34 34 / 38 37 / 41 41	3 3 / 7 7 / 11 11 / 15 15 / 18 18 / 22 22 / 26 26 / 30 30 / 34 34 / 37 41	N	M	T	T	M	N

en la primera variante y el N en la segunda— tampoco cambian el orden numérico de la línea en que están escritos, aunque cambien de turno; también puede asignárseles un único servicio.

Quedan los once inicialmente en el último turno del esquema —el N en la primera variante o el T en la segunda— que, al cambiar al M después del descanso, adelantan un lugar en el orden numérico de la línea en que están escritos; pero entre esos once se ven en seguida dos: el 42, que, por descansar las tres últimas semi-jornadas, no cambia de turno ni de línea, y el 20 —o el 23, con el que se puede intercambiar—, que sólo está en ese último turno la primera semi-jornada, en la que, sin inconveniente podremos escribirle intercambiándole con el 23, situándole en la línea correspondiente a la que después ha de pasar en el turno M; resultará con esto, que el 23 aparecerá en líneas de tres órdenes numéricos distintos. En resumen:

Puede asignarse un único servicio a treinta y tres de los cuarenta y dos obreros del acoplamiento; dos servicios a ocho y tres servicios a uno.

A este mismo resultado podemos llegar por las siguientes consideraciones, más fáciles de generalizar.

Tres números consecutivos cualquiera no pueden coincidir en

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

el mismo turno; es convencimiento interpretar cómo hemos determinado las situaciones iniciales y las variaciones que en ellas producen las substituciones en los cambios después del descanso.

Podemos distribuir los servicios asignando el mismo a cada tres números consecutivos, y entre cada tres uno que realice los dos inmediatos, repitiéndolo para uno de los números, que realizará tres servicios, como vimos para el número 23, según el esquema siguiente:

Servicios	1.º	2.º	3.º	4.º	5.º	6.º
Obreros	1 4 2 3	4 5 8 6 7	8 9 12 10 11	12 13 16 14 15	16 17 23 18 19	23 20 23 21 22
Servicios		7.º	8.º	9.º	10.º	11.º
Obreros		23 24 27 25 26	27 28 31 29 30	31 32 35 33 34	35 36 39 37 38	39 40 41 42

La generalización de esto está en que su fundamento es independiente de los que sean los tres números consecutivos y cuál el que realice los tres servicios, que podrán ser otros de los que hemos escrito. Esta solución corresponde al esquema 18 y modificación sobre la situación del número 23. Es fácil construir el esquema correspondiente si cada tres números consecutivos con igual servicio fueran otros, como también podría evitarse los tres servicios del 23 y deducir el acoplamiento más conveniente a las aptitudes particulares de los obreros, si entre los once servicios existieran varios iguales. Lo dejamos para quien se le presente cada caso particular.

a, b, c) *Comentario a los acoplamientos fundamentales.*—Nos referimos de nuevo a los que hicimos para los correspondientes a jornada semanal de cuarenta y ocho horas, y además:

Pueden parecer poco prácticos y considerarse de aplicación muy limitada al tener que formar grupos de catorce, veintiocho o cuarenta y dos obreros, según el número de turnos, a catorce por turno; pero si tenemos en cuenta que no es necesario que todos hayan de realizar igual servicio y que, en general, cualquier explotación de mediana importancia tendrá más de los once obreros en trabajo por turno, ya no nos parecerán de aplicación tan limitada; y aun en los restos y en los casos con número inferior al de obreros necesarios al acoplamiento completo, podrá emplearse parcialmente utilizando únicamente las primeras líneas del esquema, tantas por turno como sea el número de obreros que en cada uno hayan de trabajar, con lo que puede observarse que, si bien habrá un obrero que no trabaja completa la jornada semanal, esto es inevitable, ya que, para que el aprovechamiento sea total, es necesario que los en trabajo sean múltiplo de once y de tres los en descanso. Sobre esto volveremos al exponer otros esquemas.

Puede ser inconveniente la subdivisión de los turnos en dos semi-jornadas, a lo que nos obligó la condición impuesta a los esquemas fundamentales de aprovechamiento total semana a semana. No consideramos de importancia este inconveniente, y ya expondremos acoplamientos en que dejando de cumplir esa condición no es necesario la división del tiempo de los turnos.

2,2.—Acoplamientos legales fundamentales.

Análogamente a como en la jornada de cuarenta y ocho horas, deduciremos para los cambios en los descansos al pasar de una a otra semana la substitución:

1 2 3 4 — 13 14 15 — 40 41 42
42 1 2 3 — 12 13 14 — 39 40 41

o sus equivalentes —es fácil ver es lo mismo—:

1 2 3 — 13 14 15 — 27 28 29 — 40 41 42
14 15 16 — 26 27 28 — 40 41 42 — 11 12 13

1 2 3 — 13 14 15 — 27 28 29 — 40 41 42
28 29 30 — 40 41 42 — 12 13 14 — 25 26 27

Partiendo de la primera semana del esquema 18, para tres turnos, es fácil construir el esquema y pasar a los siguientes por cualquiera de estas substituciones para la sucesión de descansos. Por brevedad dejamos de hacerlo aquí. Para un turno se podrá emplear cualquier substitución; para dos turnos esas mismas, limitadas a los números del 1 al 28.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

2,3.—Otros acoplamientos.

Si no satisfacen las condiciones impuestas a los acoplamientos fundamentales, pueden obtenerse otros, entre los que, para evitar la división de cada turno en dos semi-jornadas, vamos a limitarnos a los de aprovechamiento completo en un número par de semanas y que, además, cumplan el precepto legislativo de que todos los obreros tengan, al menos, un día de descanso cualquiera que sea el inicial del acoplamiento, dentro de los siete días a contar del domingo. Los clasificaremos según el número de semanas precisos al aprovechamiento total.

a) *Aprovechamiento total en dos semanas.*—El cumplimiento de la jornada semanal y la existencia de, al menos, un día de descanso dentro de los siete a contar del domingo, supone:

Cada catorce días, cada obrero ha de estar tres en descanso.

El número máximo de días en trabajo entre dos descansos ha de ser seis.

Cumplidas estas condiciones, se deducen las siguientes formas de distribuir en días consecutivos los en trabajo y en descanso, con cada una de las cuales podrá obtenerse un tipo de acoplamiento de los que, como ejemplo, expondremos algunos:

Distribuciones	1.ª	2.ª	3.ª	4.ª	5.ª	6.ª	7.ª
Días en trabajo	6 5	6 4 1	6 3 2	5 5 1	5 4 2	5 3 3	4 4 3
Días en descanso	1 2	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1

ESQUEMA 19

Semanas	Primera							Segunda						
Días	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
Descanso	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	10
	10	11	12	12	13	14	14	15	16	16	17	18	18	19
	20	20	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	28	28
	29	30	30	31	32	32	33	34	34	35	36	36	37	38
	38	39	40	40	41	42	42	1	1	2	3	3	4	5
	5	6	7	7	8	9	9	10	11	11	12	13	13	14
	15	15	16	17	17	18	19	19	20	21	21	22	23	23
	24	25	25	26	27	27	28	29	29	30	31	31	32	33
	33	34	35	35	36	37	37	38	39	39	40	41	41	42
M	2	1	1	1	1	1	1	42	42	42	42	42	42	41
	6	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	40	40	39	39	39	39	39	39	38	38	38	38	38	37
T ó N	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	7	7	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	4
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	41	41	41	41	40	40	40	40	40	40	39	39	39	39
N ó T	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
	8	8	8	8	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	42	42	42	42	42	41	41	41	41	41	41	40	40	40

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Estudiemos la primera distribución que podemos escribir en la forma 6 2 5 1, conviniendo que cada número indica sucesiva y alternativamente días en trabajo y en descanso. Podemos ver que si un obrero produce sus días de trabajo y descanso según la ordenación circular 6 2 5 1, el siguiente ha de cambiarla por la 6 1 5 2, ya que después del descanso anterior a los seis días en trabajo del primero, el segundo ha de pasar $(2 + 6) = 8$ días de descanso y trabajo que son los 8 días $= (6 + 2)$ que el primero deja transcurrir entre trabajo y descanso, pues, de no hacerlo así, el segundo tendría que estar en trabajo menos de cinco o más de seis días, para no coincidir ambos en el descanso, lo que no es posible para dos que han de substituirse. Análogamente, un tercero tendrá que hacerlo por la ordenación 6 2 5 1, y así sucesivamente, se pasará de una a otra ordenación al pasar de un obrero al siguiente con que ha de substituirse.

Se deduce que se tendrá la sucesión de descansos, escribiendo en filas de catorce números, correspondiéndose a los catorce días de las dos semanas, en ordenación circular correlativa los números representativos de los obreros escribiendo alternativamente una y dos veces cada número y cuidando de que, para que todos estén tres veces, escribir al volver a empezar por el primero, escribir dos veces el que antes se escribió una sola vez, y una el que antes se escribiera repetido.

Haciéndolo así y determinando las situaciones iniciales en forma análoga al acoplamiento fundamental, obtendremos para tres turnos el esquema 19, del que sólo escribimos las dos primera y la última fila de cada turno, por reducción de espacio.

En los pares de semanas sucesivas puede conservarse igual sucesión de descansos o permutarlos, para que se cumpla la condición legal del cambio en el domingo; en ello no hay dificultad y puede hacerse paralizando las situaciones de cada segundo domingo al lunes.

Como dijimos al comentar los acoplamientos fundamentales (2,1-*a*, *b*, *c*), lo que generalizamos para todos los de aprovechamiento completo, el mismo del esquema 19, como cualquier otro, puede utilizarse parcialmente si el trabajo exige menor número de obreros. Así, en el caso límite de un solo obrero en trabajo, por turno, tomaremos sólo los números 1, 2 y 3 y un cuarto, al que distinguimos con la letra X, que cubra los huecos de los anteriores, y obtendremos el esquema 20, con idénticas situaciones a las del 19 para los números 1, 2 y 3.

ESQUEMA 20

Semanas	Primera							Segunda						
Días	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
Descanso	1	2	2	3	X	X	X	1	1	2	3	3	X	X
M	2	1	1	1	1	1	1	X	X	X	X	X	3	3
T ó N	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
N ó T	X	X	X	X	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2

Se obtiene un acoplamiento con tres obreros, 1, 2 y 3, que cumplen exactamente las cuarenta y cuatro horas semanales, como media de dos semanas, y un cuarto obrero, X, que sólo trabaja en las dos setenta y dos horas, con una media de treinta y seis por semana. En este acoplamiento, como en cualquier otro con un solo número por turno, cada número puede representar lo mismo un solo obrero que hasta un equipo.

En forma análoga obtendríamos los acoplamientos de las demás distribuciones entre los días en trabajo y descanso. Así, obtenemos el esquema 21 con la distribución 6.ª (5 1 3 1 3 1), en la que como en las restantes, excepto la 1.ª, los descansos se suceden día a día. En ellos es más conveniente determinar la ordenación de descansos en forma distinta al caso anterior, según lo hacemos en el esquema, escribiendo correlativamente los cuarenta y dos números, con separación entre los del mismo obrero, de 5, 3 y 3 días en trabajo, separación que se inicia al escribir cada vez el número 1. Nos limitamos a este ejemplo, que sólo exponemos por facilitar la obtención del esquema a quien interese otra distribución.

Si, como en el caso anterior, deducimos el acoplamiento incompleto correspondiente para un solo obrero, o equipo completo por turno, obtendremos el esquema 22, en el que análogamente al correspondiente al esquema 20 hay tres obreros que cumplen exactamente la jornada semanal de cuarenta y cuatro horas como media de las dos semanas, y uno, el X, cuya jornada media semanal es de treinta y seis horas. Este mismo resultado se obtendrá en cualquier otro acoplamiento incompleto en que para cada tres obreros que cumplan la jornada haya uno sólo que los substituya en los descansos.

b) *Aprovechamiento total en cuatro semanas.*—De los veintiocho días de las cuatro semanas, para que se cumpla la jornada semanal, cada obrero ha de descansar seis y trabajar en veintidós.

Los veintidós en trabajo podrán distribuirse en tantas formas como sumas de valor veintidós puedan obtenerse con un número máximo de seis semanas, cada uno de valor máximo seis.

Los seis en descanso podrán distribuirse en tantas formas como sumas seis puedan tenerse con igual número de sumandos que los de la correspondiente distribución de los en trabajo.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ESQUEMA 21

Semanas	Primera							Segunda						
Días	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
Descanso	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
	37	38	39	40	41	42	1	2	3	4	5	6	7	8
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	1	2	3	4
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
M	2	1	1	1	1	1	42	42	42	41	41	41	40	40
	6	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	2	2
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	40	40	40	39	39	39	38	38	38	37	37	37	37	37
T ó N	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	42	42	42	42
	7	7	6	6	6	5	5	5	5	5	4	4	4	3
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	41	41	41	41	40	40	40	39	39	39	38	38	38	38
N ó T	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1
	8	8	8	7	7	7	6	6	6	6	6	5	5	5
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	42	42	42	42	42	41	41	41	40	40	40	39	39	39

ESQUEMA 22

Semanas	Primera							Segunda						
Días	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
Descanso	1	2	3	X	X	X	1	2	3	X	1	2	3	X
M	2	1	1	1	1	1	X	X	X	3	3	3	2	2
T ó N	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	X	X	X	3
N ó T	X	X	X	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1

Así, por ejemplo, la distribución 6 6 6 4, obtenida al sumar $22 = 6 + 6 + 6 + 4$, podrá aplicarse distribuyendo los seis días en descanso en las dos formas 3 1 1 1 y 2 2 1 1 y sus permutaciones, obtenidas al sumar con el mismo número anterior de cuatro semanas: $6 = 3 + 1 + 1 + 1$ y $6 = 2 + 2 + 1 + 1$.

No es fácil con lo expuesto hasta ahora obtener el esquema del acoplamiento con cualquier par de distribuciones de los días en trabajo y en descanso, por lo que haremos nuevas consideraciones.

Si operamos análogamente a como lo hicimos para el acoplamiento del esquema 19, o como para el 21, encontraremos, en general, imposibilidad de cerrar la sucesión de descansos con los cuarenta y dos obreros que encontramos para los acoplamientos fundamentales, con tres turnos, lo que motiva situaciones extrañas y acoplamientos incompletos.

Podremos en todos los casos obtener acoplamientos completos, con situaciones como las fundamentales, haciendo:

Que el número de obreros del acoplamiento, siguiendo la su-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

cesión progresiva de descanso, en forma análoga al esquema 19, cubra exactamente en cada vuelta, una o varias veces, los veintiocho días de la semana, pues bastará cerrar cada vuelta sobre sí misma para que la sucesión de descansos se cierre, y desplazar los distintos números de una a otra vuelta los días que indique la distribución de descansos, para que esta distribución quede satisfecha.

Que el número de obreros en trabajo sea múltiplo del de turnos.

Por la primera condición deducimos: Si p es el número de sumandos de la distribución de los días en trabajo, los seis días que cada obrero ha de descansar en las cuatro semanas los ha de disfrutar en p etapas, lo que no es difícil ver se conseguirá siguiendo la distribución de descansos en forma análoga al esquema 19, haciendo que durante seis días consecutivos descansen p obreros distintos; con lo que si C es el número de obreros del acoplamiento, en cada vuelta de la sucesión de descansos se cubrirán $\frac{6\,C}{p}$ días, que han de ser múltipo de los veintiocho de las cuatro semanas, y $\frac{3\,C}{p}$ será múltiplo de catorce; siendo tres primo con catorce resulta; C ha de ser múltiplo de 14 p.

Por la segunda condición, para el caso de tres turnos, único que vamos a considerar, y teniendo en cuenta la relación 3 : 11 de obreros en descanso o en trabajo, se deduce: C ha de ser múltiplo de tres.

El valor mínimo de C que cumpla las dos condiciones será:

$$C = \text{m. c. m. } (14\ p,\ 3)$$

Al ser seis el valor máximo de cada sumando de la distribución de los veintidós días en trabajo y $3 \times 6 < 22 < 4 \times 6$; el valor mínimo de p es cuatro.

Al ser seis los días en descanso el valor máximo de p es seis.

Lo expuesto se hará más comprensible siguiendo los esquemas que construiremos como ejemplos:

Consideraremos cada uno de los casos: 1.º, $p = 4$; 2.º, $p = 5$; 3.º, $p = 6$.

1.º $p = 4$; C = m. c. m. $(14 \times 4{,}3) = 14 \times 4 \times 3 = 168$ obreros.

Se tiene la suma veintidós, con cuatro cifras, la mayor de valor seis, con las dos soluciones 6 6 6 4 y 6 6 5 5 y sus permutaciones, para distribución de los veintidós días en trabajo.

Se tiene la suma seis, con cuatro cifras, con las dos soluciones 3 1 1 1 y 2 2 1 1 y sus permutaciones, para distribución de los seis días en descanso.

Como ejemplo construímos el esquema 23, como correspondiente a las primeras 6 6 6 4 y 3 1 1 1 de estas distribuciones.

ESQUEMA 23

Semanas	Primera							Segunda							Tercera							Cuarta						
Días	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
Descanso	1	2	3	4	4	4	5	6	7	8	8	8	9	10	11	12	12	12	13	14	15	16	16	16	17	18	19	20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	168
	164	—	—	—	—	—	168	1	2	3	3	3	4	5	6	7	7	7	8	9	10	11	11	11	12	13	14	15
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	163
	159	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	168	1	2	2	2	3	4	5	6	6	6	7	8	9	10
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	158
	154	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	168	1	1	1	2	3	4	5
	5	5	6	7	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	153
M	2	1	1	1	1	1	1	168	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	166	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
T ó N	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	168	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7	7	7	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	167	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N ó T	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	168	—	—	—	—	—	—
	8	8	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	168	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Para el caso límite de un solo obrero en trabajo por turno, deducimos con las mismas situaciones para los números 1, 2 y 3, llenando los huecos de éstos por un cuarto obrero, X, el esquema 24.

Los tres números 1, 2 y 3 trabajan como media semanal cuarenta y cuatro horas, el cuarto X trabaja la media semanal $3\ (3 \times 5 + 3) : 4 = 36$ horas, conforme a lo que se generalizó al encontrar este resultado para el esquema 22.

ESQUEMA 24

Semanas	Primera							Segunda							Tercera							Cuarta						
Días	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
Descanso	1	2	3	X	X	X	X	1	2	3	3	3	X	X	1	2	2	2	3	X	X	1	1	1	2	3	X	X
M	2	1	1	1	1	1	1	X	X	X	X	X	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
T ó N	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	X	X	X	X	X	3	3	3	3	3	3	2	2	2
N ó T	X	X	X	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	X	X	X	X	X	3	3

ESQUEMA 25

Semanas	Primera							Segunda							Tercera							Cuarta						
Días	L.	M	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
Descanso	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	56
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	76	77	78	79	80	81	82	83	84
	80	81	82	83	84	1	2	3	4	5	6	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23
	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	51
	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	75	76	77	78	79
	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	1	2	3	4	5	6	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18
	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	46
	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	74
	70	—	—	—	—	—	—	—	—	79	80	81	82	83	84	1	2	3	4	5	6	7	—	—	—	—	—	13
	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41
	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	69
	65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	78	79	80	81	82	83	84	1	2	3	4	5	6	7	8
	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36
	37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	64
	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	77	78	79	80	81	82	83	84	1	2	3	4
	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	32
	33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60
M	2	1	1	1	1	84	84	84	84	83	83	83	83	82	82	82	82	81	81	81	80	80	80	79	79	79	79	78
	6	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	84	84	84	83	83	83	82	82
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	82	82	81	81	81	81	80	80	80	80	79	79	79	79	78	78	78	77	77	77	76	76	76	76	75	75	75	75
T ó N	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	84	84	84	84	83	83	83	83	82	82	82	81	81	81	80	80	80	80
	7	7	6	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	84	84	84	83
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	83	83	83	82	82	82	82	81	81	81	81	80	80	80	80	79	79	79	78	78	78	77	77	77	77	76	76	76
N ó T	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	84	84	84	84	83	83	83	82	82	82	81	81	81
	8	8	8	7	7	7	6	6	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	81	81	80	80	80	79	79	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	84	84	84	84	83	83	83	83	82	82	82	82	81	81	—	—	—	—	—	—	—	79	78	78	78	78	77	77

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

2.º $p = 5$; C = m. c. m. $(14 \times 5{,}3) = 14 \times 5 \times 3 = 210$ obreros.

Si la suma veintidós con cinco cifras es la mayor, o mayores, de valor seis, puede obtenerse con varias soluciones que por brevedad nos abstenemos de exponer; de cada una de ellas se obtendrán distintos acoplamientos, según la permutación que se elija en la ordenación de los sumandos. En cuanto a la distribución de los seis días de descanso, se tiene como única solución de cinco cifras que dan la suma seis 2 1 1 1 1.

Operando como en el ejempo del caso anterior, es fácil construir el esquema de los acoplamientos de cualquier par de distribuciones. Nosotros dejamos de hacerlo.

3.º $p = 6$; C = m. c. m. $(14 \times 6{,}3) = 14 \times 6 = 84$ obreros.

Se tienen varias soluciones para la distribución, en seis sumandos, de los veintidós días en trabajo, las que son fáciles de encontrar.

Para la distribución de los seis días en descanso, con seis sumandos, se tiene como solución única 1 1 1 1 1 1.

Como ejemplo para este caso, construímos el esquema 25, correspondiente al acoplamiento con las distribuciones: 4 4 4 4 3 3 de los veintidós días en trabajo y 1 1 1 1 1 1, de los seis días en descanso.

De éste deducimos el esquema 26, incompleto, para el caso extremo de un solo obrero por turno.

Como en los casos anteriores, X trabaja como jornada semanal media treinta y seis horas, y 1, 2 y 3, las cuarenta y cuatro.

Estos esquemas de acoplamiento incompleto pueden construirse directamente, sin deducirlos del completo correspondiente, escribiendo los tres números que han de cumplir la jornada semanal completa, según la distribución de descansos, repitiéndolos el número de veces necesario para que cada uno tenga los seis descansos en las cuatro semanas, dejando pasar de una a otra vez, para cada número, los días que indique la distribución de los en trabajo. Análogamente puede resolverse si el número de obreros por turno, inferior a los del acoplamiento completo, es más de uno, teniendo en cuenta que habrá que escribir los en descanso en tantas líneas como, al escribir la sucesión de descansos, para que todos descansen los seis días en las cuatro semanas, coincidan en descanso un mismo día. Las situaciones iniciales se determinarán en forma análoga a la que se dijo para los acoplamientos fundamentales y que implícitamente empleamos en los completos de este epígrafe. Se obtienen los sucesivos por la substitución entre los que empiezan y terminan el descanso. Como ejemplo de esto y correspondiente a las distribuciones 5 5 5 3 2 2 de los días en trabajo y 1 1 1 1 1 1 de los en descanso, construímos el esquema 27 con dos obreros por turno.

c, d) *Aprovechamiento total en un número par de semanas mayor que cuatro.*—Generalizando lo expuesto para cuatro semanas, podrá aplicarse para cualquier otro número de semanas, par, cualquiera.

Como ejemplo vamos a limitarnos al estudio, general, de doce

ESQUEMA 26

Semanas	Primera							Segunda							Tercera							Cuarta						
Días	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m	J.	V.	S.	D.
Descanso	1	2	3	X	X	1	2	3	X	X	1	2	3	X	X	1	2	3	X	X	1	2	3	X	1	2	3	X
M	2	1	1	1	1	X	X	X	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	X	X	X	3	3	3	2	2
T ó N	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	X	X	X	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	X	X	X	3
N ó T	X	X	X	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	X	X	X	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1

ESQUEMA 27

Semanas		Primera							Segunda							Tercera							Cuarta						
Días		L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m	J.	V.	S.	D.
Descanso		1	2	3	4	5	6	Y	Y	Y	X	X	X	1	2	3	4	5	6	Y	Y	Y	X	1	2	3	4	5	6
		4	5	6	X	X	X	1	2	3	4	5	6	Y	Y	Y	X	X	X	1	2	3	4	5	6	Y	1	2	3
M	*a*	2	1	1	1	1	1	X	X	X	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	X	X	X	3	3	2
	b	6	6	5	5	4	4	4	4	4	Y	Y	Y	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	4	4	4	Y	Y	Y
T ó N	*a*	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	X	X	X	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	X	X	X
	b	Y	Y	Y	6	6	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	Y	Y	Y	6	6	6	6	6	5	5	5	4	4
N ó T	*a*	X	X	X	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	X	X	X	3	3	3	2	2	1	1
	b	5	4	4	Y	Y	Y	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	Y	Y	Y	6	6	6	5

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

semanas, sin construir esquema alguno completo, construyendo sólo uno incompleto, con tres turnos y un solo obrero en trabajo por turno.

En los ochenta y cuatro días de las doce semanas, cada obrero trabajará sesenta y seis y descansará en dieciocho días.

Si p es el número de sumandos de la distribución de los días en trabajo y C el número de obreros para el acoplamiento completo, $\frac{18\,C}{p}$ ha de ser múltiplo de ochenta y cuatro, y $\frac{3\,C}{p}$ ha de ser múltiplo de catorce; igual que en los acoplamientos completos en cuatro semanas, se tendrá, para valor mínimo de C, para tres turnos:

$$C = \text{m. c. m. } (14\ p,\ 3)$$

Siendo seis el valor mínimo de cada sumando en la distribución de los días en trabajo y $11 \times 6 = 66$; el valor mínimo de p es once. Siendo dieciocho los días de cada obrero en descanso, durante los ochenta y cuatro de las doce semanas, el valor máximo de p es dieciocho.

Podrá tomar p los valores 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18.

Refiriéndonos sólo al valor $p = 11$, el número de obreros para el acoplamiento será:

$$C = \text{m. c. m. } (14 \times 11{,}3) = 14 \times 11 \times 3 = 462 \text{ obreros.}$$

Para este valor $p = 11$, se tendrá para la distribución de los dieciocho días en descanso en once semanas las soluciones: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 8; 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 7; 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 3; 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2; 1 1 1 1 1 1 1 1 1 3 6.

Eligiendo la 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 3, ordenada según la permutación 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 3, construímos, con sólo cuatro que pueden continuarse fácilmente, de las doce semanas, el esquema 28, incompleto, con un solo obrero en trabajo en cada uno de los tres turnos.

ESQUEMA 28

Semanas	Primera							Segunda							Tercera							Cuarta						
Días	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
Descanso	1	2	2	3	X	X	X	1	1	2	3	3	X	X	X	1	2	2	3	X	X	X	1	1	2	3	3	X
M	2	1	1	1	1	1	1	X	X	X	X	X	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
T ó N	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	X	X	X	X	3	3	3	3	3	3	2	2	2
N ó T	X	X	X	X	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	X	X	X	X	X	3

2,4.—Observaciones y comentarios.

Los esquemas fundamentales resuelven el descanso semanal sin otros inconvenientes que la subdivisión de la jornada de cada turno, lo que queda salvado con los acoplamientos de aprovechamiento completo en un número par de semanas.

Para cumplimiento del descanso dominical se emplearán los acoplamientos legales fundamentales, o bien los de aprovechamiento total en un número par de semanas, haciendo en ellos las permutaciones necesarias de los días en descanso para que todos los disfruten por igual en domingo. Sobre esto hemos de hacer observar que en los esquemas de los acoplamientos que hemos puesto de ejemplo, no hemos tenido para nada en cuenta diferencia alguna entre los distintos días de la semana, y, por ello, habrá alguno que se pudiera haber construído haciendo que se repartiera más el descanso en domingo; para lograrlo bastará hacer el traslado de días más conveniente corriendo las situaciones iniciales al que más convenga.

Consideramos como más conveniente, por ser más sencillos, para substituir a los fundamentales si se rechaza la división en dos de la jornada de cada turno, los esquemas de aprovechamiento completo en dos semanas. El alargarlos podrá justificarse, únicamente, por reunir mayor número de días consecutivos en la distribución de los en descanso, tratando de lograr, más que un descanso semanal, una especie de vacación. Así en los acoplamientos de aprovechamiento completo en doce semanas; con la distribución 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 de los sesenta y seis días en trabajo se puede aplicar la 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 8 de los dieciocho en descanso, con lo que cumpliéndose el precepto legislativo de un día de descanso, por lo menos cada siete (así interpretamos lo del descanso dentro de los siete días a contar desde el domingo), todos los obreros tendrán un descanso de ocho días consecutivos, cada doce semanas. Alargando más las semanas para el aprovechamiento total, podrá aumentarse el número de días consecutivos en descanso.

III

JORNADA SEMANAL DE CUARENTA Y DOS HORAS

3,0.—Consideraciones generales.

Podrá cumpirse esta jornada semanal:

Con jornada diaria de ocho horas; entonces la relación entre tiempo en descanso y trabajo es $R = (8 \times 7 - 42) : 42 = 14 : 42 = 1/3$; fácil de cumplir semana a semana si éstas fueran de cuatro días, formando grupos de a cuatro obreros y haciendo descansar a cada uno un día y trabajar tres. Pero como la semana es de siete, primo con cuatro días, habrá que subdividir la jornada diaria en cuatro cuartos de jornada para los acoplamientos fun-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ESQUEMA 29

Tandas	L.				M.				m.				J.				V.				S.				D.			
	a	*b*	*c*	*d*	*a*	*b*	*c*	*d*	*a*	*b*	*c*	*d*	*a*	*b*	*c*	*d*	*a*	*b*	*c*	*d*	*a*	*b*	*c*	*d*	*a*	*b*	*c*	*d*
	←——A——→				←——B——→				←——C——→				←——D——→															
Descansos	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
Trabajo	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3

damentales, en forma análoga a como hicimos para la semana de cuarenta y cuatro horas, dividiendo la de cada día en dos semijornadas.

Con jornada diaria de seis horas; siendo entonces:

$$R = (6 \times 7 - 42) : 42 = 0;$$

esto es, que el descanso es nulo, lo que ha de interpretarse como que se han de trabajar siete jornadas por semana, y no se produce el día en descanso si no es con algún artificio de interpretación de la ley. Desde luego, no podrán obtenerse acoplamientos fundamentales con esta jornada diaria.

3,1.—Acoplamientos fundamentales.

Se obtendrán con jornada diaria de ocho horas:

a) *Un turno por día.*—De la deducción general:

$$\left.\begin{array}{l} S = 42 \text{ horas} \\ D = 8 \text{ horas} \\ t = 8 \times 7 - 42 = 14 \\ N = 1 \end{array}\right\}; \quad R = \frac{t}{S} = \frac{14}{42} = \frac{1}{3}$$

Dividiendo cada jornada diaria en cuatro cuartos de jornada, a los que asignamos sucesiamente las letras *a*, *b*, *c*, *d*, y fijando como sucesión de descansos la correlativa de los números 1, 2, 3, 4, obtenemos el acoplamiento del esquema 29.

Llamando, como queremos indicar en el esquema, tandas a los períodos que por semana corresponden a cada obrero en descanso, y considerando las siete jornadas de la semana divididas en cuatro tandas: A, que corresponde al lunes y los tres primeros cuartos de jornada del martes; B, el último cuarto de jornada del martes, la completa del miércoles y los dos primeros cuartos del jueves; C, los dos últimos cuartos del jueves, completa la del viernes y la primera del sábado; D, los tres últimos cuartos de la del sábado y la jornada del domingo; podremos escribir el mismo esquema más brevemente, según el 30, en el que ponemos de manifiesto tres servicios distintos: *a*, *b*, *c*, y ordenamos convenientemente las columnas a que solo un número realice más de un servicio.

ESQUEMA 30

Tandas		A	B	C	D
Descanso		1	2	3	4
Trabajo	*a*	2	1	1	1
	b	3	3	2	3
	c	4	4	4	2

b) *Dos turnos por día.*—Deducimos:

$$\left.\begin{array}{l} S = 48 \text{ horas} \\ D = 8 \text{ horas} \\ t = 14 \text{ horas} \\ N = 2 \text{ turnos} \end{array}\right\}; \quad R = \frac{t}{S} = \frac{14}{42} = \frac{1}{3} = \frac{a}{b};$$

$$\left.\begin{array}{r} \text{m . c . m . } (N \,.\, b) = \text{m . c . m . } (2,3) = 6 = 2\,b = B \\ A = 2\,x = 2 \end{array}\right\}; \; (A+B) = 8$$

Se formarán grupos de ocho obreros: dos en descanso, y seis, tres en cada turno, en trabajo, obteniéndose el acoplamiento del esquema 31.

ESQUEMA 31

Tandas		A	B	C	D	Semanas	
Descanso		1 5	2 6	3 7	4 8	Pares	Impares
Trabajo	*a*	2	1	1	1	M	T
	b	4	4	4	3		
	c	7	7	6	6		
	a	3	3	2	2	T	M
	b	6	5	5	5		
	c	8	8	8	7		

c) *Tres turnos por día.*—Obtenemos:

$$R = \frac{1}{3}; \quad \text{m . c . m } (3,3) = 3$$

Se formarán grupos de cuatro obreros, uno en descanso y tres, uno en cada turno, en trabajo, resultando el acoplamiento del esquema 32, en el que ponemos de manifiesto las dos variantes, según el orden de rotación de los cambios de turno y las situaciones en las distintas semanas.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ESQUEMA 32

Tandas	A	B	C	D	Semanas 1.ª variante			Semanas 2.ª variante		
Descanso	1	2	3	4	$3n+1$	$3n+2$	$3n+3$	$3n+1$	$3n+2$	$3n+3$
Trabajo	2	1	1	1	M	T	N	M	N	T
	3	3	2	2	T	N	M	N	T	M
	4	4	4	3	N	M	T	T	M	N

ESQUEMA 33

Semanas	Primera				Segunda				Tercera				Cuarta			
Tandas	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Descanso	1	2	3	4	4	1	2	3	3	4	1	2	2	3	4	1
M	2	1	1	1	1	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2
T ó N	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	4	4	4	4	3	3
N ó T	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	4

3,2.—Acoplamientos legales fundamentales.

Se deducirán de los anteriores, estableciendo las permutaciones de los números en descanso, en forma análoga que en la jornada de cuarenta y ocho horas. Nos limitamos a exponer el acoplamiento del esquema 33, para tres turnos, obtenido por la substitución: $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 4 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix}$ entre los números en descanso, para el paso de una a otra semana. El ciclo es de cuatro semanas.

3,3.—Otros acoplamientos.

Generalizando lo expuesto en el epígrafe correspondiente a este en la semana de cuarenta y cuatro horas, y aplicándolo a éste de cuarenta y dos, podemos obtener gran número de acoplamientos distintos, no fundamentales, en los que no sea necesario la subdivisión de la jornada diaria, y se consigue el acoplamiento completo en un número múltiplo de cuatro semanas.

Como media, en cada cuatro semanas, cada obrero descansará: $(1+\frac{3}{4})\times 4 = 7$ días y trabajará $(5+\frac{1}{4})\times 4 = 21$ días; si se ha de tener el acoplamiento completo de $4\ k$ en $4\ k$ semanas, durante ellas cada obrero descansará $7\ k$ y trabajará $21\ k$ días.

Si p es el número de sumandos en los que se distribuyen los $21\ k$ días en trabajo, o lo que es igual los $7\ k$ en descanso, y C el número de obreros del acoplamiento, para que en cada vuelta de la sucesión de descansos se cubran, sea una o varias veces, los $4 \times 7\ k$ días de las $4\ k$ semanas, $\frac{7kC}{p}$ ha de ser múltiplo de $4 \times 7\ k$, lo que se cumple si C es múltiplo de $4\ p$, lo que, a la vez, es suficiente, para el caso de tres turnos, para que se cumpla la condición de que el número de obreros en trabajo sea múltiplo de tres, ya que de cada cuatro, uno ha de descansar. Será suficiente para obtener el acoplamiento formar grupos con:

$$C = 4\ p \text{ obreros.}$$

Hacemos observar que decimos suficiente, y no decimos necesario, porque se podrán tener acoplamientos con menor número de obreros. Así ocurrirá, entre otros casos, cuando todos los sumandos de la distribución de días en descanso sean iguales. Y también iguales los sumandos de la distribución de los días en trabajo; pues entonces se conservará la separación entre dos descansos de un mismo obrero, sin que en cada vuelta de su distribución se cubran los $4 \times 7\ k$ días. En estos casos el valor de C puede ser solamente cuatro, como en los acoplamientos fundamentales.

Con aprovechamiento en cuatro semanas se tendrá:

Cada obrero trabajará veintiún días y descansará siete.

Con un número máximo de siete sumandos, el mayor de valor seis, los veintiún días en trabajo podrán distribuirse:

6 6 6 3; — — — — — —; 6 3 3 3 2 2 2; 5 5 5 5 1; — — — — — —; 5 3 3 3 3 2 2; 4 4 4 4 1; — — — — — — — — — —; 4 3 3 3 3 3 2; 3 3 3 3 3 3 3.

De todas ellas, como ejemplo, vamos a deducir acoplamientos para las 6 6 6 3; 6 5 4 3 2 1; y 3 3 3 3 3 3 3:

Con la 6 6 6 3, de cuatro sumandos, los siete días en descanso podrán distribuirse según una de las formas: 1 1 1 4; 1 1 2 3; 1 2 2 2 y sus permutaciones. Podremos formar el acoplamiento con $C = 4\ p = 4 \times 4 = 16$ obreros. Eligiendo la distribución 1 2 2 2 de los días en descanso, obtenemos el acoplamiento del esquema 34, del cual deducimos el incompleto del

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ESQUEMA 34

Semanas	Primera							Segunda							Tercera							Cuarta						
Días	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
Descansos	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8	9	10	10	11	11	12	12	13	14	14	15	15	16	16
	13	13	14	14	15	15	16	1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7	8	9	9	10	10	11	11	12
	8	9	9	10	10	11	12	12	13	13	14	14	15	16	16	1	1	2	2	3	4	4	5	5	6	6	7	8
	4	4	5	5	6	7	7	8	8	9	9	10	11	11	12	12	13	13	14	15	15	16	16	1	1	2	3	3
M	2	1	1	1	1	1	1	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15	14	14	14	13	13	13	13	13	13
	6	6	6	6	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1
	10	10	10	9	9	9	9	9	9	8	8	8	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5
	14	14	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12	11	11	11	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9
T ó N	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	16	16	16	16	16	16	15	15	15	14	14	14	14
	7	7	7	7	7	6	6	6	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2
	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	9	9	9	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7	6	6
	15	15	15	15	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13	13	12	12	12	11	11	11	11	11	11	10	10	10
N ó T	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	16	16	16	15	15
	9	8	8	8	8	8	8	7	7	7	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4
	12	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	11	10	10	10	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	7
	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15	14	14	14	14	14	14	13	13	13	12	12	12	12	12	12	11

ESQUEMA 35

Semanas	Primera							Segunda							Tercera							Cuarta						
Días	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
Descanso	1	2	2	3	3	X	X	1	1	2	2	3	3	X	X	1	1	2	2	3	X	X	X	1	1	2	3	3
M	2	1	1	1	1	1	1	X	X	X	X	X	X	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1
T ó N	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	X	X	X	X	X	3	3	3	3	3	3	2	2
N ó T	X	X	X	X	X	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	X	X	X

esquema 35, en el que se tienen tres obreros 1, 2 y 3 igualmente situados que los de los mismos números del 34 y un cuarto obrero X, que llena los huecos de aquéllos; todos ellos cumplen la jornada semanal media durante las cuatro semanas, diferenciándose el X de los demás, en que es distinta la sucesión de situaciones.

Con la distribución 6 5 4 3 2 1, de seis sumandos, los siete días en descanso se distribuirán según 2 1 1 1 1 1. Obtenemos el acoplamiento del esquema 36 con $C = 4$ $p = 4 \times 6 = 24$ obreros. Si tratáramos de obtener acoplamientos incompletos deducidos de éste, resulta que, al tener sumandos menores que tres en la distribución de días en trabajo, se superponen en descanso el mismo día números que difieren en menos de tres, lo que obligaría a tener un número de obreros suplentes, por así nombrarlos, mayor al normal para esta jornada semanal.

Con la distribución 3 3 3 3 3 3 3 de siete sumandos, los siete días en descanso se distribuirán según 1 1 1 1 1 1 1 y con la fórmula establecida se tendría el acoplamiento completo con $C = 4$ $p = 4 \times 7 = 28$ obreros; pero al ser en este caso iguales tanto los sumandos de la distribución de días en trabajo como en descanso, puede obtenerse el acoplamiento con sólo cuatro obreros, según el esquema 37, estableciendo sencillamente la sucesión de descansos 1, 2, 3, 4, 1, 2, ...

En forma análoga podrían obtenerse acoplamientos en los que el aprovechamiento completo se tuviera con un múltiplo cualquiera de cuatro semanas. Nos abstenemos.

Con jornada diaria de seis horas, puede cumplirse la ley del descanso dominical ficticiamente, por el artificio de los cambios de turno. Así, con el acoplamiento del esquema 38, en el que ponemos de manifiesto los cuatro turnos por las indicaciones 1.º, 2.º, 3.º, 4.º, escribiendo (?) en la línea de descansos, como indicativo del descanso ficticio de los números que escribimos entre los dos días en que se produce.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ESQUEMA 36

Semanas	Primera							Segunda							Tercera							Cuarta						
Días	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
Descansos	1	1	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11	12	13	13	14	15	16	17	18	19	19	20	21	22	23	24
	18	19	20	21	22	23	24	24	1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	12	12	13	14	15	16	17	19
	13	14	15	16	17	17	18	19	20	21	22	23	23	24	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	11	12
	9	10	10	11	12	13	14	15	16	16	17	18	19	20	21	22	22	23	24	1	2	3	4	4	5	6	7	8
	5	6	7	8	9	9	10	11	12	13	14	15	15	16	17	18	19	20	21	21	22	23	24	1	2	3	3	4
	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	20	21	22	23	24	1	2
M	3	2	1	1	1	1	1	1	24	24	24	24	24	23	23	23	23	22	22	22	21	21	20	19	19	19	19	19
	7	7	6	6	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	24	24	23	22	22
	11	11	11	10	10	10	9	9	8	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	5	5	5	5	4	4	4	3
	15	15	14	14	14	14	13	13	13	12	12	11	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	8	8	8	8	7
	19	18	18	18	18	18	17	17	17	17	16	16	16	15	15	14	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12	11
	22	22	22	22	21	21	21	21	21	20	20	20	20	19	19	19	18	18	17	16	16	16	16	16	16	15	15	15
T ó N	4	4	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	24	24	24	24	23	23	23	22	22	21	20	20	20	20
	8	8	8	7	7	6	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	1	1	24	23
	12	12	12	12	11	11	11	10	10	9	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	6	6	6	6	5	5	5
	16	16	16	15	15	15	15	14	14	13	13	13	12	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	9	9	9	9
	20	20	19	19	19	19	19	18	18	18	18	17	17	17	16	16	15	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13
	23	23	23	23	23	22	22	23	23	23	21	21	21	21	20	20	20	19	19	18	17	17	17	17	17	17	16	16
N ó T	6	5	5	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	24	24	24	23	23	22	21	21	21
	10	9	9	9	8	8	7	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	2	2	1
	14	13	13	13	13	12	12	12	11	11	10	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	7	7	7	7	6	6
	17	17	17	17	16	16	16	16	15	15	15	14	14	13	12	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	10	10	10
	21	21	21	20	20	20	20	20	19	19	19	19	18	18	18	17	17	16	15	15	15	15	15	15	14	14	14	14
	24	24	24	24	24	24	23	23	23	23	23	22	22	22	22	21	21	21	20	20	19	18	18	18	18	18	18	17

ESQUEMA 37

Semanas	Primera							Segunda							Tercera							Cuarta						
Días	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
Descanso	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
M	2	1	1	1	4	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1	4	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1
T ó N	3	3	2	2	2	1	1	1	4	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1	4	4	4	3	3	3	2	2
N ó T	4	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1	4	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1	4	4	4	3

ESQUEMA 38

Semanas	Primera							Segunda							Tercera							Cuarta						
Días	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m	J.	V.	S.	D.	L.	M.	m.	J.	V.	S.	D.
?	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.º	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
2.º	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
3.º	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
4.º	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

3,4.—Observaciones y comentarios.

Las soluciones para esta jornada semanal son más sencillas que para la de cuarenta y cuatro horas, por ser la relación de tiempos en trabajo y descanso e incluso no importar la subdivisión de la jornada diaria, resultan acoplamientos fundamentales para tres turnos, aún más sencillos que para la semana de cuarenta y ocho horas, ya que sólo entra en cada grupo un solo obrero por turno.

De todos los acoplamientos expuestos para esta jornada consideramos aconsejables únicamente los fundamentales, legales fundamentales y, si se quiere evitar la subdivisión de la jornada diaria, el del esquema 37, que reúne las condiciones fundamentales si se suponen semanas de cuatro días y las legales de permutación del día en descanso, que se produce para cada uno de los cuatro obreros del acoplamiento en el orden circular L V M S m D J, pasando de una semana natural a la siguiente por la substitución $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 4 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix}$

IV

OTRAS JORNADAS SEMANALES Y VUELTA AL PRINCIPIO

4,0.—Consideraciones generales.

Fijar la jornada semanal que deha regir en cada clase de trabajo está fuera de nuestra acción y propósito, limitado a determinar el acoplamiento o distribución del personal, para que, una vez fijada, se cumpla. Para conseguirlo hicimos (0,3) la deducción general de los acoplamientos fundamentales, que aplicamos a las jornadas semanales de cuarenta y ocho, cuarenta y cuatro y cuarenta y dos horas, en las que, además, expusimos otros tipos de acoplamientos, algunos con procedimiento de obtención que podría generalizarse y aplicarse a otras jornadas semanales.

Tampoco es nuestro propósito determinar las distintas jornadas posibles y, para terminar, vamos, sobre lo ya expuesto y sin construir más esquemas, a limitarnos a una breve exposición de las semanas de cuarenta y treinta y seis horas en trabajos continuos.

4,1.—Jornada semanal de cuarenta horas.

Podrá cumplirse:

Con jornada diaria de ocho horas, trabajando en cinco y descansando en dos por semana.

Con jornada diaria de seis horas, trabajando en $(6 + \frac{2}{3})$ jornadas.

Combinando ambas jornadas diarias, trabajando en dos de ocho horas y cuatro de seis horas por semana.

Dejamos de tomar en consideración las dos últimas soluciones; la segunda por tener que trabajar en los siete días de la semana y la tercera por su irregularidad.

Con jornada diaria de ocho horas, para trabajos continuos, tenemos:

$$\left.\begin{array}{l} S = 40 \text{ horas} \\ D = 8 \text{ horas} \\ t = 7 \times 8 - 40 = 16 \text{ horas} \\ N = \dfrac{24}{8} = 3 \text{ turnos} \end{array}\right\}; \quad R = \frac{16}{40} = \frac{2}{5};$$

$$\left.\begin{array}{l} \text{m . c . m . } (5,3) = 15 = 3\,b = B \\ A = 2\,a = 6 \end{array}\right\}; \quad (A + B) = 21$$

Se obtendrá el acoplamiento fundamental formando grupos de veintiún obreros: seis en descanso y quince, cinco en cada turno, en trabajo. No hay dificultad para construir el esquema correspondiente, siguiendo las normas establecidas.

Pueden obtenerse otros acoplamientos, en forma análoga a como se hizo para las semanas de cuarenta y cuatro y cuarenta y dos horas, en los que se tenga el aprovechamiento en k semanas, distribuyendo según convenga los 5 k días en trabajo y los 2 k en descanso, pudiendo ser $k = 1$.

4,2.—Jornada semanal de treinta y seis horas.

Puede cumplirse:

Con jornada diaria de ocho horas trabajando en $(4 + \frac{1}{2})$ y descansando en $(2 + \frac{1}{2})$ jornadas por semana. Para obtener los acoplamientos fundamentales, habrá que subdividir en dos cada jornada diaria, teniéndose por semana catorce semi-jornadas de las que cada obrero trabajará en nueve y descansará en cinco. Con esta indicación será fácil a quien interese determinar los acoplamientos y construir el correspondiente esquema. Con aprovechamiento total en un número par de semanas, no será preciso la subdivisión de la jornada diaria y pueden obtenerse los acoplamientos en forma análoga a como resolvimos para las semanas de cuarenta y cuatro y cuarenta y dos horas.

Con jornada daria de seis horas y para trabajos continuos:

$$\left.\begin{array}{l} S = 36 \text{ horas} \\ D = 6 \text{ horas} \\ t = 6 \times 7 - 36 = 6 \text{ horas} \\ N = \dfrac{24}{6} = 4 \text{ turnos} \end{array}\right\}; \quad R = \frac{6}{36} = \frac{1}{6} = \frac{a}{b}$$

$$\left.\begin{array}{l} \text{m . c . m . } (b, N) = \text{m . c . m . } (6,4) = 12 = 2\,b = B \\ A = 2\,a = 2 \end{array}\right\}; \quad = 14$$

Se tendrá el acoplamiento fundamental formando grupos de catorce obreros: dos en descanso y doce, tres en cada uno de los cuatro turnos, en trabajo. No existe dificultad para construir el correspondiente esquema.

Observación.—La relación entre tiempos en descanso y trabajo es la misma que para la jornada semanal de cuarenta y ocho y diaria de ocho horas. Para el mismo número de turnos se obtendrán acoplamientos con esquemas iguales para ambas jornadas.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

4,3.—Y VUELTA AL PRINCIPIO.

Habíamos escrito (0,0): «... Si ahora insistimos trayéndolo a este II Congreso Nacional de Ingeniería es tratando de interesar en él a los ingenieros, pues por ser un problema con soluciones racionales y cómodas de poner en práctica...»

«Al reiterarnos en esta exposición lo hacemos, modificando las de nuestros citados artículos, con más generalidad y tratando de exponer las soluciones con lógica deductiva, sin otra pretensión que la de iniciación y con la esperanza de lograr seguidores que nos mejoren.»

Si lo conseguimos quedaremos satisfechos.

Madrid, febrero 1950.

Después de éste, el señor Pons Comas hace una exposición del trabajo, cuyo resumen se publica a continuación:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 28.-Personalidad, prestigio y progreso de la ingeniería española

Autor: D. JOSÉ ANTONIO PONS COMAS
Ingeniero Industrial

RESUMEN

Para que la Ingeniería en España rinda su máxima utilidad, precisa que todas sus secciones o ramas no dejen de tener presente ciertos principios básicos, comunes a todas ellas, que permitan relacionarlas para una franca colaboración en beneficio del país. Estos son los que el tema expone; y si bien interesan a todas las secciones del Congreso, su estudio afecta particularmente a las XIX a XXVII.

Se resumen a continuación:

La ingeniería en el mundo.—La influencia que la ingeniería ha tenido, tiene y seguirá teniendo en el desarrollo de los pueblos, coloca a la profesión en primer plano de importancia en el orden nacional.

Síntesis y eficiencia.—El sentido de la eficiencia en un sistema cualquiera, implica que todas y cada una de sus partes estén debidamente ordenadas y dispuestas para el fin a desarrollar; e inversamente, al estar cada parte relacionada con las que completan su unidad, no podrá aquélla ser cabalmente comprendida si no es en función de su unidad. De ahí la importancia de los principios generales para la acertada resolución de los problemas.

Unidad de la ingeniería española.—Tiene dos objetivos: el rendimiento y su prestigio en el interior y en el exterior; y su solución depende de todos los ingenieros e interesa a todo el país.

El patriotismo, fuerza coordinadora.—Por cuanto dirige la inteligencia e impulsa las voluntades hacia la consecución de una vida mejor; poniendo en vigor los ideales de justicia, lealtad, ayuda al prójimo, y amor a la verdad y al trabajo, etc., dando personalidad a la profesión.

La estadística, base de orientación general.—Concurriendo en la Economía Nacional todas las ramas de la producción necesita para su mejor desarrollo la acción conjunta de todas las ramas de nuestra Ingeniería Civil, basada en la información estadística de conjunto.

La ingeniería es ciencia aplicada.—El futuro ingeniero no debe polarizar su formación en las bases científicas de la carrera, sino que ha de centrarla también en el desarrollo de las cualidades y condiciones que habrá de necesitar en el ejercicio de la misma; porque la ingeniería no sólo es ciencia, sino también arte, pericia, mando, inventiva y arrojo... y todo «saber» que a la postre no se traduzca en «hacer» es tiempo perdido en orden a la producción y al trabajo.

Sociedades de ingeniería en el extranjero.—El conocimiento de la vida y trabajos de las sociedades de ingeniería en los distintos países, por todos los ingenieros, contribuiría a aumentar el interés por la profesión, y con ello el espíritu de asociación, la calidad y el prestigio de la carrera. Se citan algunas de ellas.

La unión de los ingenieros de España.—Se sugiere pueda realizarse por demarcaciones, incluyendo todos los ingenieros de las distintas ramas, sin perjuicio de conservar su personalidad, así como la unión de todas a través del Instituto de Ingenieros Civiles de España.

Conclusión.—La vocación a la profesión y el interés por la Humanidad y por el prestigio de España, elevarán la atención y el interés de todos sus ingenieros por encima de sus diferencias, colocando a la ingeniería española en el camino de su progresivo perfeccionamiento y compenetración de sus especialidades, en forma de que se armonicen y completen, para que, conjuntamente, puedan colaborar eficazmente a la prosperidad y felicidad de España, y a la paz y tranquilidad del mundo.

Después de la exposición del trabajo anterior por el señor Pons Comas, la Presidencia, en vista de que los trabajos de los señores Miralles y Fábregas tienen conexión íntima con el número 12, del señor De Buen, propone, y así se acepta, que se incorpore el último a la discusión de la Ponencia que ha de redactar las conclusiones sobre dicho trabajo.

Estos trabajos citados son los siguientes:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 49. - Los factores morales y materiales que intervienen en la productividad del obrero

Autor: D. JUAN MIRALLES DE IMPERIAL BESSONAT
Ingeniero Industrial

El programa de estudios a desarrollar, con motivo de una de las últimas «Jornadas de Ingeniería Industrial», señalaba primordialmente el de la «Eficiencia Laboral».

Nadie negará que presidió en la elección de este tema acierto verdaderamente notable, en estos momentos en que se hace preciso mejorar por todos los medios posibles esta eficiencia.

Pero el elemento primordial del rendimiento en el trabajo no podía ser otro que el que señalaba aquel mismo programa como «Factores morales y materiales que intervienen en la productividad del obrero».

Su importancia es tal que no hubiésemos dudado en considerarlo como causa primordial de la falta de eficiencia en el trabajo si no apreciásemos claramente que así se sobreentiende en dicho programa por el hecho de ser colocado en primer lugar entre los problemas a tratar.

INTRODUCCION

Basta pensar en que la adquisición de nuevos equipos mecánicos y medios técnicos está supeditada, en cuanto a sus resultados, al buen uso y deseo de aprovechamiento que sobre ellos pueda poner el obrero. Que no se puede pensar en tipificar los productos elaborados si, con la colaboración de obreros y empresarios, no se consigue con ello distribuir los trabajos y reducir los costes. Que la escasez de primeras materias obliga a pensar en una moralidad exquisita en todo lo concerniente a su ahorro y empleo por los proyectistas y por los trabajadores. Que el trabajo sistemático o en grandes series pesa con singular monotonía en nuestro carácter fogoso y latino, efecto que no se puede compensar si no es con la satisfacción del deber cumplido.

Despertar las conciencias, hoy en día y para desgracia de todos casi completamente dormidas, es labor tanto más ardua cuanto que en los medios en que debiéramos hallar la máxima colaboración y responsabilidad, encontraremos la misma inercia o lo que es aún peor, mayor menosprecio de la ley humana y divina que entre la propia masa laboral. No nos engañemos; despertar la conciencia del buen católico en cada uno de los elementos que colaboran en la producción es labor difícil.

Pero es labor imprescindible y la más fundamental de cuantas nos hemos propuesto. ¿Quién de nosotros duda de que con sólo evitar que el obrero tratase de sustraer horas y más horas a su labor, reservase sus energías durante la jornada legal para emplearlas en otros trabajos fuera de dicha jornada, sustrajese material y rendimiento, cuando no los propios beneficios de sus compañeros, y conseguir que colaborase en cambio con los fines de la Dirección, los costes bajarían, la amortización de las máquinas mejoraría y la eficiencia en general ascendería en términos que por influir en forma progresiva me atrevo a decir que resolverían la mitad por lo menos de nuestro problema?

Ninguno de nosotros ha dejado de hacer esta afirmación en alguna que otra ocasión. Pues bien, si eso es cierto (y me honro en señalar las meritorias, digo más aún, las heroicas excepciones que para estímulo nuestro encontraremos en todas partes si buscamos bien), analicemos las causas que producen tan grave efecto y tratemos de ponerles el debido remedio.

CAUSAS DEL MAL

Señalemos ante todo que la falta de moralidad no es privativa, ni en su calidad ni en sus consecuencias del productor obrero. Tendremos que buscar los errores, además de en el obrero, en el técnico y aún en el empresario y en los capitalistas.

En el obrero

I. *Amor a la casa.*—En el obrero podemos señalar las causas inmediatas de su falta de rendimiento en su falta de amor a la casa donde trabaja. Es este un defecto que padece en comunidad con el elemento técnico. En la generalidad de los ánimos se considera (y tal vez con algún tanto de razón) que la empresa es una cosa muerta, amorfa, o peor aún, insubstancial y que, por lo tanto, no depende de nosotros ni tiene ligazón ninguna con nuestra vida humana y sí sólo con nuestro sueldo. ¡Grande error! La empresa somos nosotros que con ella vivimos y con ella padecemos aún a pesar nuestro y sin que sea motivo suficiente para dejar de pensar así el que alguna vez nos abandone en nuestros problemas cuando nada en su abundancia, o el que muera también algunas veces por culpa nuestra sin que necesariamente de-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

bamos hundirnos con ella. Y si alguna vez la abandonamos para acudir a otras necesidades perentorias que tenemos, ¿quién puede dudar que debemos dejarla primero en buenas y ya experimentadas manos, y que aún fuera de ella estamos ligados por compromisos morales que nos impiden y prohiben divulgar ciertos procedimientos o detalles confidenciales?

II. *Amor al oficio.*—Pero aún hay otro error más grave: la falta de amor al oficio o cuando menos al trabajo. La propaganda subversiva de tantos años ha hecho desgraciadamente su efecto. Hoy en día se trabaja, aún entre los elementos selectos, para holgar. Ni siquiera se trabaja para vivir, ni mucho menos se vive para cumplir con las obligaciones de estado. Ya la consecuencia es que se trabaja con desapego, se vive mal y se disfruta menos, aunque a primera vista parezca lo contrario. ¿Ejemplos? ¡Abundantes! Pero no creo que sea preciso añadir los míos a los vuestros.

III. *Doctrina social.*—Hay un mal grave, general, que abarca por igual a todos los elementos que intervienen en la producción. Los obreros con mayor disculpa que los demás, los técnicos con un olvido casi total de su carácter humano, los empresarios en general por conveniencia y los capitalistas por egoísmo desconocen por completo la Doctrina Social Católica que han enseñado los Santos Padres y van dando tumbos y haciendo costosas pruebas que son onerosas a este delicado sistema circulatorio que conduce, con la buena alimentación de todas sus partes, a la eficiencia. ¿En qué escuelas se ha establecido esta cátedra? ¿Cuántos patronos dan pruebas de conocer aunque sea tan sólo ligeramente estas premisas?

Y las consecuencias son palpables; la Mutualidad de la Industria Textil ha debido consumir 12 millones de pesetas para poder repartir 30 millones a los asociados en el año 1948.

¿Por qué no se ahorraba a tiempo gran parte de esa primera cantidad, que no es despreciable, organizando con la colaboración privada y espontánea de toda la producción esos mismos beneficios?

Y no se diga que ya no se está a tiempo. Estamos entrando en una etapa en que las orientaciones son claras y el porvenir transparente, pero las iniciativas privadas son pobres, tardías o mal intencionadas. Y las soluciones de fuerza siempre serán costosas e impopulares y, por lo tanto, perjudiciales para el rendimiento de la producción.

En el técnico

I. *Colaboración.*—En el sector técnico, con responsabilidad proporcionada a la autoridad que tiene cada uno delegada, encontraremos otros pecados, causa de los mismos efectos. En comunidad con empresarios y capitalistas, pero quizás aún en mayor grado que ellos por su mayor contacto con el trabajador, hallaremos su falta de amor y colaboración con el obrero.

¿Cómo es posible que la producción sea el resultado de las aportaciones del capital y del trabajo enlazadas por el elemento técnico si entre ellos no hay más ligazón que la que impone la lucha por la vida?

Y no confundamos el sentimiento humanitario o filantrópico (con que a menudo se vela el interés con que se busca una colaboración e incluso un soborno que en general no se encuentra por este camino) con el verdadero amor y hermandad de quienes se saben hijos de un mismo Padre y que por ello trabajan y velan por Él a solas o en comunidad, por su salario o si es necesario por el bien de los demás.

¿Palabras vanas? Preguntádselo a quienes tienen experiencia en ello y encontraréis a muchos compañeros en ese número.

II. *Criterio moral.*—Es mal que debemos subsanar el que no haya hoy día en ninguna autoridad, cualquiera que sea su grado, el criterio moral suficiente que le permita obrar como requiere su responsabilidad. Todos manejamos cada día horas, pesetas, kilos, primas y valores sin cuento, sin ligar cada uno de ellos a una serie de condiciones no valorables, pero inseparables, que no pueden dejar de intervenir en nuestros cálculos sin que el planteamiento de la ecuación que debe conducirnos a la eficiencia sea falso y su resultado equivocado. Es obvio recordar que gracias a la posición privilegiada de la autoridad olvidamos en general las premisas que se desprenden del hecho de que nuestro obrero o nuestros empleados son además de elementos útiles al trabajo, hombres con carácter y voluntad propios y también hombres con cuerpo y alma y, por lo tanto, con exigencias no sólo materiales, sino también morales y psicológicas. Sé que estos problemas no siempre son fáciles de resolver, pero sabemos todos que no se resuelven nunca con los datos necesarios a la vista y sí con cierta predisposición de ánimo ya meditada de antemano. No hay conocimiento de la responsabilidad moral de cada uno en orden a la empresa y en orden a la suprema autoridad.

En los empresarios y capitalistas

Y para que nuestro estudio sea lo completo que permita nuestra capacidad, ¿qué diremos del empresario y del capitalista?

I. *Estímulo.*—¿Cuántos de nosotros andamos a ciegas sin conocer las intenciones de la empresa, sin saber qué orientación se piensa dar a nuestros futuros trabajos, sin imaginar siquiera las dificultades con que se tropieza más arriba y que quizás pudiéramos ayudar a vencer? En estas condiciones es fácil que nuestro rendimiento no sea el que pudiera ser, que cuando lleguen las innovaciones no estemos preparados suficientemente. ¿Cuántas veces se ha solicitado nuestra opinión en los problemas que nos afectan más o menos directamente? Además de aportar luz al problema este hecho hubiese iniciado nuestra ayuda y nuestro empeño por llevar adelante aquello en que se nos pedía ayuda y consejo. Y creo que estaréis todos de acuerdo en que nuestra ayuda acostumbra a traducirse en mejora del rendimiento.

II. *Responsabilidad.*—Pero todo ello no es más que consecuencia a su vez de un mal mayor. Son completamente desconocidos los objetivos que toda autoridad debe imponerse, como responsable de todos los hombres que le son encomendados y en la proporción en que puede disponer de ellos, metas que define nuestro gran Balmes diciendo que son los siguientes:

«La mayor inteligencia posible para el mayor número posible: la mayor moralidad posible para el mayor número posible; el mayor bienestar posible para el mayor número posible.».

Todos los demás fines particulares son consecuencia de éstos y a ellos deben supeditarse.

Y ¿cómo es posible que olvidando lo primero podamos acudir a lo segundo?

Y, claro, sin empezar por ahí no puede salir nada equilibrado.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Por donde cuanto más avanzamos, más se demuestra que para llegar al fin debe empezarse por el principio. Es decir, que toda autoridad debe cuidar por encima de sus propios y específicos fines los genéricos de moralidad, verdad y bienestar en la medida en que ese mismo poder o autoridad sobre una parte de la sociedad se lo permita.

Nos falta aún por señalar un mal de carácter general, que influye por añadidura en todos los demás agrandándoles sobre manera y que abarca por completo a todas las clases sociales. Es la *falta de moralidad profesional* que hace sus grandes estragos en todos los medios. En las empresas crecen los gastos generales, se aumentan o se crean servicios de verificación de todo orden, se disponen nuevos porteros, guardias jurados y vigilantes y... no basta ni bastará nunca mientras no llevemos un seguro vigilante en nuestro propio interior, el único que puede resolver todos los males de la sociedad actual, el mismo Dios.

Cada una de las empresas en que trabajamos es un ejemplo de esto que decimos. A mayor abundamiento y como ejemplo positivo de ello os citaré el siguiente caso: Se nos encargó cierto día la cesión a una casa filial de la nuestra de un proyectista especializado. Debía trabajar solo y en forma completamente independiente, pues quien debía disponer de él debía atender a muchas faenas exteriores a su casa. Pues bien; nos hizo quedar espléndidamente bien un muchacho menos experimentado que muchos otros, pero con una conciencia de las que hemos dicho que no abundan. Aunque en este caso he de decir en honor a la verdad que nuestra eficiencia ha salido perdiendo, pues no nos lo han devuelto todavía.

III. *Espiritualidad.*—Es necesario volver por los fueros de la moral profesional, y el mejor medio para ello consiste en puntualizar bien en todas nuestras actividades que el objetivo principal de todos, grandes y pequeños, poderosos y empleados, intelectuales y peones, es el que a todos nos ha señalado Cristo con estas palabras: «*Buscad, pues, primeramente el reino de Dios y su justicia, y todas las demás cosas se os darán por añadidura*». Esa es la causa fundamental de todos nuestros males, pues a su olvido han seguido todas las consecuencias enumeradas.

En buena hora podremos disponer de mejores medios de producción, de nuevas fuentes de energía, de nuevas formas de tipificación, de nuevas materias primas, si hemos sabido antes entendernos como hermanos y supeditar nuestra acción a los designios de Dios. Si no lo hacemos así, nuestros males seguirán en aumento, el nivel de vida que a pesar de todo impondrán nuestros propios recursos materiales y humanos no será aceptado por una mayoría, envidiosa de las otras regiones del mundo mejor dotadas; los precios de costo nacionales nos obligarán a limitar como siempre nuestra actividad a las necesidades superiores de orden nacional dando ocasión a que los egoístas de siempre desequilibren nuestra balanza internacional, y el malestar, las dificultades y quién sabe si el desorden volverán a acudir a nuestro viejo y santo solar, que debiera estar ya curado de estos ensayos para no hacer otras experiencias que no fuesen las que la luminosa filosofía de sus genios le ha trazado.

REMEDIOS A APLICAR

Ahora bien; ¿es posible, en el corto espacio de tiempo que requiere la gravedad de nuestro mal, intervenir y sanar suficientemente la parte enferma? Sólo Dios lo sabe, pero de su Providencia no nos puede caber la duda. A nosotros toca poner los medios y para ello hemos de saber cuáles son.

Convencidos ya, y en primer lugar, de la importancia que tiene el iniciar esta labor, y lanzados a ella por nuestra misma necesidad, hasta con que señalemos los medios y recomendemos su aplicación ante todo y por encima de todo. Son los siguientes:

a) *Instrucción social y sobre todo religiosa.*

Debe ser fomentada por las propias empresas e introducida en todas las escuelas locales y de aprendices. Para ello se aportarán todos los medios que sean precisos.

Siendo evidente que no basta con las enseñanzas, sino que es necesaria su práctica, se crearán en todas las escuelas citadas las Asesorías Religiosas convenientes.

Selección moral y social de los futuros empleados, especialmente en los cargos con alguna autoridad.

b) *Compenetración intensa entre los diversos elementos de la producción.*

Creación de medios que permitan desarrollar la iniciativa y aportación personal de los obreros y técnicos.

Instauración de los Boletines de Empresa para información general, con colaboración de toda clase y contenido de todo orden: religioso, social, recreativo, laboral, técnico, económico y personal.

Asistencia religiosa en los centros de producción cuyo volumen le permita, y que a ser posible deben organizarse en forma de municipio, comunidad o parroquia.

Introducción de medios que obliguen a quienes tengan responsabilidad de orden moral o social a usar de ella.

Fomentar la colaboración y confianza con una ejemplaridad sincera y profunda y exigiendo esta misma ejemplaridad de los subordinados inmediatos.

Usar de los medios que ponen a nuestro alcance las demandas de asesoramiento social, jurídico y de cualquier orden, para acercar a nosotros y aconsejar con sinceridad, rectitud y cariño a todos nuestros productores.

Crear, proteger e incluso solicitar de los organismos oficiales el establecimiento de los centros y cátedras de estudios religioso-sociales que podrían muy bien ser obligatorios para quienes deban ejercer o ejerzan cargos de responsabilidad, sean técnicos o no.

c) *Coparticipación de todos los elementos productores en los resultados de la empresa.*

Daremos algo de extensión a este apartado porque creemos que sólo la *mala* costumbre adquirida con el transcurso de los años, puede habernos cegado hasta el punto de dar como buena, justa y aceptable una organización económica, que no hay que destruir violentamente por las consecuencias que ocasionaría, pero que es preciso modificar paulatina y eficazmente, con tesón y celeridad, para evitar que se pueda decir de nuestras inteligencias que no supieron leer en los libros de la vida y beber en las fuentes de la verdad aquellos principios que debían conducir nuestras actividades al alumbramiento de la organización económica y social futura, de este desequilibrado mundo en que hoy día vivimos.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Vayamos por partes. Nadie pondrá en duda el derecho de propiedad. Tampoco pondrá nadie en duda el principio de que sólo puede ser objeto de este derecho el mundo material e intelectual que nos rodea, pero no la persona de nuestros semejantes, pues si no admitiríamos la esclavitud.

El sujeto de este derecho, por el contrario, sólo puede ser la persona humana a quien Dios ha conferido alma e inteligencia para ejercer ese derecho. Una cosa no puede ser propietaria de otra. En cambio, la persona jurídica, ente formado por la asociación voluntaria de otras personas, que respaldan plenamente la personalidad de aquélla, sí puede ser objeto de este derecho.

Sigamos adelante. El propietario es dueño de la cosa y de sus productos naturales, como sería su aumento de valor por causas exteriores. Ahora bien, si el propietario aumenta el valor de su patrimonio mediante un riesgo o esfuerzo, como, por ejemplo, el de correr el albur de tener éxito o no en una determinada empresa, pasa a ser empresario o trabajador según sea riesgo o esfuerzo lo que ponga en juego y como tal tiene derecho a los frutos de ese riesgo o trabajo, pero no como propietario.

Este mismo empresario, tal como acabo de definirle, podrá encontrarse en un momento dado, con que para realizar su intento no dispone de suficiente capacidad de trabajo. En este caso tendrá que recurrir a la ayuda de quien quiera colaborar en este sentido con él, teniendo siempre en cuenta que la remuneración de su esfuerzo deberá suponerle una posibilidad de vida humana y moralmente digna y proporcionada a sus cargas familiares. Si en el trabajo asignado a este colaborador existe algún riesgo, la remuneración deberá ser aumentada consiguientemente. El trabajo a jornal establecido en esta forma es perfectamente admisible. Si la colaboración que necesita es intelectual, el caso será el mismo, aunque puedan ser mayores los riesgos y responsabilidades.

Sin embargo, en ambos casos hallaremos un defecto latente. El empresario es dueño absoluto de la dirección del negocio y, por lo tanto, su labor debe valorarse mucho, en contrapartida con la de sus colaboradores que lo son sólo de hecho, pero no de corazón. Sus relaciones son frías y de ahí viene el ambiente de las actuales relaciones sociales y el apartamiento entre la realidad y los principios que acabo de señalar.

Si tuviese tiempo para ello, este empresario buscaría el medio de que cada uno de estos colaboradores fuese un nuevo empresario en la medida en que lo permite la especialización cada vez más definida de su tarea a medida que vamos bajando escalones en los grados de riesgo, responsabilidad y esfuerzo. Traspasar en lo posible a sus inferiores estas condiciones para descargar su tarea y conseguir una colaboración espontánea e interesada ha de ser la cualidad primordial del buen empresario, que así se verá empujado y no detenido en su obra.

Manera práctica de conseguir esto es la que en seguida veremos.

Si lo que le falta al empresario es más capital, más dinero, tendrá también que acudir a las fuentes del mismo, ofreciéndole por el préstamo conseguido intereses proporcionados al riesgo que corre, no el capital, sino la persona que lo cede. Lo que es ciertísimo es que en estos casos no entrará nunca en juego, ni la responsabilidad ni el esfuerzo, valores que no puede aportar persona alguna a través de su capital.

Siempre que se observen estos principios, el capital será digno de respeto como medio que facilita la consecución de empresas de otro modo imposibles.

Y visto esto se ve ya en seguida el medio de constituir una empresa modelo.

Puesto que el capital no puede subsistir más que a título de préstamo amortizable y supuesto que el volumen de la empresa es tal que no permite que el empresario o creador de la misma corra con todo el riesgo, responsabilidad y esfuerzo, éste, deberá ir amortizando el capital por traspaso de su valor a las aportaciones, a su vez amortizables, de los elementos que colaboran con él, aportaciones que podrán y deberán llegar a ser proporcionadas a su riesgo, responsabilidad y esfuerzo y, por lo tanto, a sus ingresos. Estos últimos irán paulatinamente dejando de cobrarse en forma de jornal para cobrarlos como el propio empresario en forma de beneficios y amortización de su aportación.

Este sistema, que hace responsables e interesados en el negocio a aquellos que viven de y para la empresa y que permite, no obstante, la ayuda y colaboración de los capitales cuando es necesaria, no es una novedad en sí, sino la reducción a sus justos límites de los valores que actualmente entran en juego en el campo de la producción.

Dicho esto los demás problemas son de detalle.

En efecto, es fácil comprender que el empresario es el promotor, director y organizador.

Que los demás colaboradores de todo orden tienen derecho a opinar y a estar informados, pero pudiendo en cualquier momento abandonar la empresa sin ningún perjuicio, más que la amortización con el tiempo de su participación, no pueden en ningún modo participar en la dirección activa del negocio.

Que en cambio, cualquier modificación que el empresario pretenda introducir en el negocio, que suponga modificación de su volumen o finalidad, debe contar con la aprobación de la mayoría absoluta del personal partícipe y colaborador.

También es propio que, dada la enorme diferencia que en la responsabilidad se encuentra entre el empresario y sus seguidores, la participación de aquél ha de ser independiente de la organización que dé a la casa; es decir, debe ser fija, pues de lo contrario nos expondríamos a abusos lamentables.

En todo caso, cualquier solución que quiera darse a este problema tendrá siempre que ser a base de llegar a una participación real y efectiva y no a sistemas de primas fijas e independientes de la producción y marcha de la empresa .

Será conveniente estudiar, dentro de este marco, la posibilidad de recompensar el mayor esfuerzo que supone a veces la introducción de mejoras técnicas y nuevas máquinas que, si bien producen mayores beneficios con menores gastos, exigen en general más atentos cuidados y mucha más atención, especialización y responsabilidad por parte del operario.

CONCLUSION

Para terminar serán nuestras mejores palabras las pronunciadas por nuestro Santo Padre Pío XII en su radiomensaje de la Navidad de 1945:

«Entre las filas de los amargados y desengañados no es difícil señalar a aquéllos que pusieron su interna confianza en la expansión mundial de la vida económica, creyendo ser la única

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

capaz de reunir en fraternidad a los pueblos y prometiéndose obtener de su grandiosa organización, cada día más perfeccionada y refinada, progresos inauditos e inesperados de bienestar para la sociedad humana.

»Con cuánta complacencia y orgullo contemplaron el aumento mundial del comercio, el intercambio, a través de los continentes, de todos los bienes y de todos los inventos y producciones; el camino triunfal de la difundida técnica moderna, que traspasaba todos los límites de espacio y tiempo. Hoy, en cambio, en realidad, ¿qué experimentan? Ven ya que esa economía, con sus gigantescas relaciones y vínculos mundiales y con su sobreabundante división y multiplicación del trabajo, cooperaba de mil maneras a hacer general y más grave la crisis de la humanidad, mientras que no siendo corregida por ningún freno moral y sin ninguna mirada ultraterrena que la iluminase, no podía menos de terminar en una indigna y humillante explotación de la persona humana y de la naturaleza, en una triste y pavorosa indigencia de una parte y una soberbia y provocante opulencia de la otra, en una discordia atormentadora e implacable entre privilegiados y destituídos; desgraciados efectos que no han ocupado el último puesto en la larga cadena de causas que han conducido a la inmensa tragedia presente.

»No teman presentarse ante el pesebre del Hijo de Dios estos desengañados de la ciencia y de la potencia económica.

»¿Qué les dirá el Niño que ven allí nacido y adorado por María y por José, por los pastores y por los ángeles?

»Sin duda que la pobreza del estado de Belén es una condición de vida que Él ha escogido puramente para Sí, y que, por lo tanto, no lleva consigo la condenación o rechazo de la vida económica en lo que es necesario para el adelanto y para el perfeccionamiento físico y natural del hombre. Pero esa pobreza del Señor y Creador del mundo, por Él libremente querida, que le acompañará también en el taller de Nazareth y durante todo el tiempo de su vida pública, significa y manifiesta qué dominio y superioridad tenía Él sobre las cosas materiales, indicando así con poderosa eficacia que los bienes terrenos están natural y esencialmente ordenados a la vida del espíritu y a una más alta perfección cultural, moral y religiosa necesaria al hombre racional. Los que esperaban obtener del mecanismo del mercado económico mundial la salvación de la sociedad, han quedado tan desengañados porque habían llegado a ser, no señores y dueños, sino esclavos de las riquezas materiales, a las que habían servido, desligándolas del fin supremo del hombre y haciéndolas fin en sí mismas.

»No de otra manera obraron y pensaron otros desengañados del pasado, que colocaban la felicidad y el bienestar únicamente en un género de ciencia y de cultura que no reconocían al Criador del Universo; aquellos promotores y secuaces no de la verdadera ciencia, admirable reflejo de la luz de Dios, sino de una ciencia soberbia, que no dando puesto alguno a la obra de un Dios personal, independiente de toda limitación y superior a todo lo que es terreno, se jactaba de poder explicar los acontecimientos del mundo con sólo el rígido y determinístico encadenamiento de leyes naturales férreas.

»Pero una tal ciencia no puede dar ni la felicidad ni el bienestar. El haber apostatado del Verbo Divino, por medio del cual fueron hechas todas las cosas, ha conducido al hombre a la apostasía del espíritu, haciéndole arduo el proseguimiento de ideales y de fines intelectuales y morales en alto grado.

»De esta manera la ciencia, apóstata de la vida espiritual, mientras se hacía la ilusión de haber obtenido plena libertad y autonomía renegando de Dios, se ve hoy encadenada a la servidumbre más humillante, habiéndose convertido en esclava y casi ejecutora automática de orientaciones y órdenes que no tienen consideración ninguna con los derechos de la verdad y de la persona humana. Lo que a aquella ciencia pareció libertad fué cadena de humillación y de envilecimiento, y ya destronada como está, jamás adquirirá la dignidad primitiva sino volviendo de una vez al Verbo eterno, fuente de sabiduría, tan locamente abandonada y olvidada.

»A esta vuelta invita precisamente el Hijo de Dios que es camino, verdad y vida, camino de felicidad, verdad que sublima, vida que inmortaliza al hombre; con mudo y penetrante lenguaje, con su misma venida al mundo, invita a aquellos desengañados, porque Él, lejos de defraudar el alma humana, le imprime el ímpetu que la levanta hasta Él.»

Esperamos, pues, ver contenidas, y sobre todo sentidas y cariñosamente desarrolladas, estas conclusiones en el informe de este Congreso de Ingeniería que debe velar por el futuro desarrollo de nuestra industria, para que en pocos años podamos ver modificada y aumentada ampliamente la eficiencia laboral y con ella la armonía social.

Abril, 1950.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 170. - Rendimiento

Autor: D. ÁNGEL FÁBREGAS SUÁREZ DE FIGUEROA
Ingeniero Industrial

RENDIMIENTO

El bajo nivel que en la actualidad alcanza el rendimiento del trabajo, y su tendencia a continuar descendiendo, ha llegado a constituir motivo de preocupación, tanto por el daño que causa a la industria en general, como por el obstáculo que representa para conseguir aumento de producción que permita mejorar las condiciones de vida.

Es, por consiguiente, interesante analizar las diferentes causas que, en forma más o menos directa, pueden considerarse como determinantes de esta crisis y concretar las medidas que deben ponerse en práctica para eliminar un mal que tanto perjudica a la economía nacional. A ello va encaminado este trabajo, basado en la experiencia de muchos años de contacto con el elemento productor, y en la consideración de los intrincados problemas y situaciones anómalas que esta difícil postguerra nos viene planteando cada día.

Estas causas son:

POLÍTICA SOCIAL

Hay un sector de opinión que considera la caída del rendimiento como consecuencia inmediata de la política social que viene desarrollándose por el Ministerio de Trabajo, quizá más que por los principios fundamentales que algunas de las disposiciones dadas encierran en sí, por la especial idiosincrasia de los propios elementos que con ellas se benefician, los cuales, lejos de sentirse estimulados por las mejoras recibidas, para una más intensa y leal colaboración, descuidan el cumplimiento del deber, en tanto mayor grado, cuanto más asegurada ven la estabilidad de su empleo. Influye bastante en esta actitud la evidente disminución de la autoridad patronal, al quedar substituídas por la Magistratura del Trabajo, en la resolución de aquellos conflictos laborales que, para su corrección, exigen disciplina rígida y sanción inmediata y ejemplar al margen de toda idea proteccionista.

No es que esta manera de proceder sea la que corresponde a todo el elemento productor, pero sí lo es de aquella masa de indeseables que existe siempre y que, con su ejemplo, arrastran al elemento sano, en el que, unos por su poca edad y otros por inconsciencia del daño que producen, hay siempre materia dispuesta para toda actuación irregular.

En el curso de este trabajo se presentará ocasión de apreciar otras modalidades de la influencia de esta política en el problema que nos ocupa.

Existen, pues, razones fundadas para admitir una intervención efectiva de esta causa en el problema del rendimiento, pero parece que su actuación no tiene toda la importancia que se le quiere atribuir.

PREDOMINIO DE LA DEMANDA SOBRE LA OFERTA. ESCASEZ

Al iniciarse el movimiento de recuperación nacional coincidió la escasez de nuestros productos, originada por la guerra de liberación, con la falta de concurrencia del exterior, debida, en primer lugar, a la guerra mundial, y después, a la política de aislamiento seguida con España, unida a la falta de divisas.

Todo ello determinó una desproporción exagerada entre la demanda y la oferta, que, unida a otras causas que después veremos, han dado lugar a la orgía de precios que venimos padeciendo, en la que también tienen su intervención los propios consumidores, a quienes interesa más la seguridad de obtener los productos que necesitan para desenvolverse, que el precio más o menos elevado a que los puedan conseguir; es decir, que el consumidor es materia dispuesta a pagar cuanto le pidan con tal de que lo sirvan.

Por otra parte, la industria nacional no puede desarrollar toda su capacidad de producción por falta de materias primas, y parece que en estas condiciones decae algo el interés por conseguir buen rendimiento, toda vez que cuanto mayor sea éste se agotarán los cupos de primeras materias en una menor fracción de año, y el resto tendrá la empresa que mantener al personal en sus puestos a costa de los propios beneficios.

Por el contrario, si el rendimiento es bajo, los productos fabricados encarecerán por el mayor tiempo empleado en su elaboración, pero este sobreprecio lo absorbe sin reparo el consumidor, y la empresa queda así favorecida por reducirse la carga de entretenimiento del personal con la ayuda que supone el exceso que ha pagado el cliente.

No existe tampoco para la empresa aquella necesidad de producir barato que es obligada cuando hay que luchar con una competencia, y todas estas circunstancias se reflejan en el rendimiento perjudicándolo.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

RESTRICCIONES ALIMENTICIAS Y ALTO NIVEL DE VIDA

Parecía natural que el régimen de racionamiento establecido a la terminación de nuestra guerra, solamente se hubiese mantenido el tiempo estrictamente necesario para conseguir mejorar el abastecimiento, pero desgraciadamente no habrá sido posible, y el régimen de restricción alcanza ya vigencia de once años. Esta anormalidad es altamente perturbadora para la vida familiar, y sus efectos forzosamente han de sentirse no solamente en el orden fisiológico, sino también en todo aquello que representa una actividad individual.

El daño producido por la escasez de racionamiento viene considerablemente agravado por el alto nivel de vida, sobre todo para el numeroso sector de población que ha de vivir a expensas de un sueldo, el cual en la mayoría de los casos es insuficiente.

Cierto que al trabajador se le han concedido mejoras que gravan en una cantidad importante el coste de la producción, pero la mayor parte de este gravamen queda invertido en cubrir los servicios de seguro y previsión creados, y lo que el productor percibe en forma de aumento efectivo de salario es una cantidad exigua, en relación con el aumento que ha tenido el coste de la vida.

Es lamentable, pero es un hecho cierto, que en los actuales momentos no llegan al productor las calorías que son necesarias para poder subsistir, más las que diariamente gasta o reintegra con su trabajo, y es natural que así no puede dar un rendimiento normal, lo contrario equivaldría a crear energía de la nada, y este poder no le ha sido dado a la humanidad.

Por eso, cuando se dice que el rendimiento es malo, se hace una afirmación falaz, engañosa, pues lo que, en realidad, sucede es que no hay potencialidad disponible para obtenerlo, de igual manera que cuando los embalses están a punto de agotarse y no circula caudal de agua por la canalización, sería impropio atribuir la escasa o nula producción de energía eléctrica a falta de rendimiento de las turbinas, cuando lo que realmente falta es la fuerza inicial necesaria para su funcionamiento.

Tiene esta causa influencia muy importante en el valor del rendimiento, porque además de la falta de potencialidad que origina, ha creado una situación de malestar que no es la más apropiada para emplearse en el trabajo.

Así, cuando se pretende resolver el asunto con un simple llamamiento al patriotismo de los productores, no se hace otra cosa que poner de relieve un desconocimiento absoluto de las condiciones en que éstos están realizando su trabajo.

Es inaplazable la solución de este asunto.

RESTRICCIONES ELÉCTRICAS

La limitación del consumo de energía eléctrica tiene también importante repercusión en el valor del rendimiento, principalmente porque además de reducir el tiempo de suministro de corriente, ésta no tiene las características reglamentarias y las máquinas no funcionan con regularidad, ni a la velocidad de régimen normal, disminuyendo su capacidad de trabajo para un tiempo determinado.

No queda otro recurso que esperar que varíen las circunstancias que han dado lugar al crítico estado porque atraviesa la producción de energía eléctrica

POLÍTICA ECONÓMICA

Es difícil tratar de este tema, dadas las circunstancias especiales que lo rodean y la situación por que atraviesa la economía nacional, pero es que, aún siendo amargo lo que hay que decir, es ineludible hacerlo, en la seguridad de que se presta así un servicio más útil y estimable, que guardando silencio en asunto de tanta importancia y trascendencia para la nación.

El estado de nuestra economía es consecuencia de la forma en que actúan los dos más importantes factores que la influyen, éstos son: nuestras relaciones con el exterior y la propia política económica que se sigue.

En lo referente al estado de relación con los demás países, interesa resaltar las serias dificultades que para nuestro desarrollo económico supone el estado de aislamiento en que se nos ha colocado, precisamente en los momentos en que es más necesaria la ayuda exterior por la falta de divisas para importar la maquinaria que necesita el campo y hacer la renovación de los equipos industriales y tantos otros productos imprescindibles en la tarea de conseguir una completa recuperación que nos permita marchar con el ritmo de perfeccionamiento marcado por el progreso actual.

La medida responde a eso que ahora se llama «guerra fría», ha sido impuesta por nuestro enemigo y ha conseguido que en ese mar de odios y pasiones que envuelve al mundo, aparezca España navegando solitaria, pero no a la deriva, sino con rumbo fijo, gracias a la pericia de su capitán y a la capacidad de resistencia de que está dando prueba el pueblo español.

El incidente es molesto y, desde luego, perjudicial para nuestro desenvolvimiento económico, supeditado entonces a las propias posibilidades, de las cuales se ha de procurar obtener el máximo partido posible para superar la difícil prueba. Por fortuna, parece alborear ya una nueva fase más favorable en el estado de estas relaciones.

Ahora bien, ¿la política económica que actualmente se sigue puede conducirnos a puerto de salvación?

La contestación a esta interrogante debe buscarse en la realidad, pero para formar juicio sereno será preciso tomar en consideración si lo que a primera vista parece más conveniente es a la vez realizable en los actuales momentos.

No nos hemos propuesto hacer aquí un estudio de la política actual en su aspecto económico, y por ello sólo analizaremos de ella aquellos puntos o situaciones que puedan tener relación con el valor del rendimiento. Entre esos puntos destaca el alto nivel de vida y vamos a ver a qué obedece y si hay forma de poderlo reducir.

El presupuesto de gastos de la nación se ha decuplicado en un reducido período de años, sin duda porque las necesidades derivadas de nuestra guerra lo han exigido así, pero ni la producción ni la riqueza nacional han tenido un crecimiento comparable o que se le parezca, y entonces, para nutrir un presupuesto de ingresos que cubra los gastos, se ha aumentado la tributación y creado nuevos impuestos que pesan sobre toda la producción y, en definitiva, sobre el consumo, originando una subida de precios que ha producido el enrarecimiento de las posibilidades adquisitivas, lo que equivale a una disminución general de sueldos y salarios.

Otra característica de la ordenación económica que analizamos,

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

es la intervención de materias primas y de primera necesidad. Decir intervención de materias es lo mismo que decir ocultación, por la tendencia natural de sus poseedores a reservarlas, ante la perspectiva de que han de ser amplia e insistentemente solicitadas y, por tanto, vendidas a precios extremadamente ventajosos.

Las consecuencias que la intervención acarrea, son las siguientes:

a) Provoca una escasez ficticia de los productos intervenidos bastante más intensa y grave que la que realmente pueda existir.

b) Es causa de que estos productos alcancen precios exorbitantes, elevando el nivel de vida hasta hacerla imposible a las familias modestas y difícil a las demás.

c) Sitúa a todos los ciudadanos fuera de la ley, a unos por ejercer y a otros por utilizar un comercio que es ilícito.

d) Impide el libre juego de la competencia, tan conveniente para mantener los precios en un justo límite, asequible para todos.

Aún reconociendo que esta medida es necesaria en ciertas ocasiones para mejorar el abastecimiento, o al menos para hacerlo más equitativo, conduce a la larga, como vemos, a resultados altamente perjudiciales y perturbadores.

Por último, influyen también en el encarecimiento las mejoras sociales concedidas y la escasez de algunos productos que efectivamente hay.

De todas estas causas de encarecimiento, la que parece que más se presta a ser corregida es la que se refiere a la intervención de productos, llevando a la práctica una rectificación a fondo de la política de abastecimientos, en forma capaz de abrir nuevos horizontes a una realidad menos dura. Por disposiciones recientes han quedado en libertad algunos productos de primera necesidad, y es de desear que la medida se extienda a todos los demás productos intervenidos, incluídas las materias primas.

Se encuentra así la industria con una escasez grande de primeras materias, y lo poco que recibe, con irregularidad; la corriente eléctrica restringida y sin las características reglamentarias y el personal en trance difícil por no poder atender a su propio sustento y al de los suyos con el producto de su trabajo.

Todo esto, unido a los demás puntos que anteriormente se han tratado, forman el conglomerado de dificultades que han motivado que la industria nacional permanezca entretenida en una semiactividad tan perjudicial para el capital que representa, como para la economía nacional, en razón al gran volumen de riqueza que queda perdido y, además, han determinado la caída del rendimiento al escaso valor que tiene en la actualidad.

Para intentar con éxito su mejoramiento sería necesario anular, o al menos corregir, cada uno de estos obstáculos, sin desdeñar ninguno y sin perder de vista, que todos ellos, incluso el mismo problema del rendimiento, son consecuencias o giran alrededor de otro problema fundamental mucho más importante, cual es el estado anormal por que atraviesa la economía nacional.

Por consiguiente, todo el esfuerzo que haya de hacerse debería ir encaminado a enderezar nuestra economía hacia una normalidad menos complicada y más fértil, cosa que parece no sería difícil de conseguir si se pone al servicio de una voluntad firme toda la buena intención que es necesaria para que no falte la ayuda de Dios.

Granada, abril de 1950.

Por no haber sido presentado el trabajo que lleva el número 152, titulado LA PSICOTÉCNICA COMO MÉTODO PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA LABORAL, APLICACIÓN A UNA INDUSTRIA Y RESULTADOS, del que es autor don Ramón Aguado Jou, se levanta la sesión a las dos de la tarde, una vez terminados los temas a tratar en la reunión.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

SECCIÓN 4.ª

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA
(28 de mayo a 3 de junio de 1950)

ACTA DE LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 30 DE MAYO DE 1950

Se abre la sesión a las 16,40 horas, constituyéndose la Mesa con el Excmo. Sr. D. Manuel Moreno Pascuau, Ingeniero de Minas, quien asume la Presidencia, por encontrarse en el extranjero el titular, Excmo. Sr. D. José María Areilza; los señores don Dimas Menéndez Magdalena, Ingeniero Industrial como Vicepresidente, y don Víctor de Buen Lozano, Ingeniero Industrial, que actúa de Secretario.

El señor Rahola lee a continuación el trabajo siguiente:

N.º 180. - Eficiencia industrial

Autores: D. FRANCISCO RAHOLA DE FALGÁS y D. MARTÍN KRAEMER MORATA
Ingenieros Industriales

0.—PREÁMBULO

Siempre que examinamos estadísticas comparadas o números índices sobre diferentes aspectos de tipo industrial o económico en los que aparecen referencias a diversos países, instintivamente buscamos la línea o columna del cuadro, o el punto del gráfico, que represente a España. En contados casos nos satisface el lugar que ocupa nuestro país, o el número-índice que le corresponde; por el contrario, en la mayoría de los casos quedamos defraudados.

Todo ello nos apena profundamente, porque en el fondo de nuestra conciencia creemos saber con certeza que los españoles no somos seres tallados en peor madera que los habitantes de aquellos otros países que, en dichas estadísticas, se encuentran situados en lugares más destacados que el nuestro.

Al tratar de explicarlo, intentamos consolarnos buscando atenuantes, que si tenemos un suelo naturalmente pobre, o que nuestro temperamento idealista se desentiende algo de la función económica por inclinarse más hacia temas artísticos o espirituales, o bien, como último recurso, le echamos la culpa al agradable clima que se disfruta en España, el cual nos predispone a la despreocupación.

Generalmente, después de haber razonado de dicha manera, no proseguimos analizando las causas, y mucho menos tomamos determinaciones que puedan ayudar a remediar la inferioridad expresada, cada cual desde su puesto que en la vida ocupa.

Si las referidas estadísticas comparadas, en vez de exponer resultados más o menos finales de una rama de la producción, pudieran, dando —como si dijéramos— la vuelta a las entrañas, mostrarnos las comparaciones entre los factores o sumandos parciales de cuya integración se obtiene la cifra o número índice de comparación final, nos sería más fácil encontrar mediante dicho análisis los puntos débiles de nuestra ordenación y resultantes económicas.

Si fijamos la comparación entre los precios de un artículo industrial cualquiera, por ejemplo, de los perfiles de acero laminado, en seguida observaremos que los precios que rigen en España son bastante superiores a los que rigen en cualquier país industrializado como Francia, Bélgica, Inglaterra, Estados Unidos, etc. Pero hay que seguir adelante en la comparación y analizar los diferentes factores que influyen en el resultado final, observando: número de jornales empleados por tonelada; precio medio de los jornales, incluídos seguros y cargas sociales; energía consumida por tonelada; precio medio de la unidad de energía; cantidades de las diferentes primeras materias empleadas y rendimiento global de las operaciones; % de desperdicios; precios medios de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

las diferentes primeras materias en origen y coste de sus transportes; importe de los gastos de dirección, administración y demás gastos generales.

Por la comparación de cada uno de estos factores individualmente, tal como sucede en nuestro país y en los otros, nos será posible deducir en dónde radican las causas de nuestra inferioridad y, por lo tanto, razonar las medidas a tomar para corregir nuestros defectos.

Pues bien, si esta clase de estudios se vinieran realizando privadamente por las empresas, o por los organismos oficiales en íntima colaboración con las empresas, no dudamos que entraríamos en un camino de disminución relativa de costos y, en su consecuencia, de aumento real de la renta nacional.

El aumento de la renta nacional debe traducirse en que cada español pueda adquirir, con sus ingresos normales, un número mayor de artículos de consumo, con independencia de la cifra en pesetas que representa el valor de dicha renta por cabeza.

Ahora bien, no basta siempre para elevar el nivel de vida que bajen los precios de los artículos de consumo en relación con los ingresos medios del ciudadano español, sino que precisa asimismo tener en cuenta que, si el nuevo tipo de artículo producido a precio menor tarda menos tiempo en ser «consumido», se puede llegar a resultados contraproducentes.

De aquí se desprende el concepto que tenemos de la eficiencia y que exponemos a continuación.

I.—LO QUE ENTENDEMOS POR COEFICIENTE DE EFICIENCIA

A) Generalidades.

Mucho se habla de la eficiencia, y todos tenemos un conocimiento intuitivo de lo que debe ser, pero no se acostumbra a concretar en qué consiste.

Gramaticalmente hablando, la eficiencia es la virtud o facultad para lograr un efecto determinado, o la acción con la que se logra este efecto.

Se comprende que, como nuestro deseo y nuestro interés estriba en conseguir, como fin, efectos beneficiosos en todos los aspectos, entre ellos el industrial, no hemos de tener en cuenta una eficiencia que sea una facultad para lograr una producción mala o cara, más que afectándola con signo negativo.

Como consecuencia de ello, nos hemos de referir siempre a los efectos beneficiosos o de carácter positivo.

Habiendo orientado este pequeño estudio a tratar de la eficiencia en la producción de la industria española, de todos es conocido que dicha clase de producción es una función en la que intervienen muchas variables, las cuales esquemáticamente se pueden agrupar en siete factores:

1.º Capital.
2.º Ubicación de la industria y locales.
3.º Maquinaria, herramental y demás elementos de producción.
4.º Primeras materias empleadas.
5.º Mano de obra utilizada.
6.º Dirección técnica, administración y organización comercial.
7.º Energía consumida.

De todos estos factores depende el logro de un efecto beneficioso en la industria, y, por lo tanto, parcialmente influyen en la eficiencia industrial mediante su propia eficiencia parcial, integrándose conjuntamente para formar la eficiencia de la industria.

Vemos que las distintas eficiencias parciales dependen principalmente de:

La 1.ª, de la baratura del capital y de los plazos a que se consigue su aportación o concurso.

La 2.ª, del lugar de emplazamiento, vías de comunicación, de su proximidad a centros de abastecimientos de primeras materias y mercados de consumo, condiciones de la edificación, facilidad de disponer de agua, clima del país, etc.

La 3.ª, de la clase y calidad de la maquinaria, según las características de la fabricación, medios para remoción de materiales y para transportes interiores.

La 4.ª, de los precios y calidades de las primeras materias necesarias para la fabricación, así como de la seguridad en la continuidad en su abastecimiento al ritmo necesario.

La 5.ª, de los precios de los salarios, así como de la inteligencia, aptitud y rendimiento horario de la mano de obra

La 6.ª, del empleo de procesos adecuados de fabricación, del conocimiento de las primeras materias; de las fases intermedias de la fabricación y de los productos acabados; del orden e inteligencia propios de la administración, y de la más o menos económica, productiva y documentada organización comercial.

La 7.ª, de la posibilidad de disponer de económica y suficiente energía, así como de la regularidad en su suministro.

Como la influencia de cada una de las eficiencias parciales, correspondientes a cada uno de estos siete factores, sobre la total, tiene efecto en forma ponderada, y si llegase el caso remoto de anularse una cualquiera de ellas se anularía la total; la fórmula expresiva de la eficiencia industrial será de una estructura tal como se describe a continuación.

B) Expresión matemática de la eficiencia industrial.

La expresión matemática de la función de las citadas eficiencias parciales es:

Eficiencia industrial =

$$E_C^a \times E_U^b \times E_M^c \times E_P^d \times E_O^e \times E_D^f \times E_E^g \qquad (1)$$

en la que E_C, E_U, E_M ... representan cada una de las eficiencias parciales correspondientes al Capital, Ubicación, Maquinaria, etc., y a, b, c .... son parámetros exponenciales ponderativos.

Esta expresión matemática resulta complicada y nos muestra lo difícil que sería llegar al cálculo de sus valores, por tener necesidad de determinar previamente los valores numéricos de unas eficiencias parciales, y luego estudiar los valores que han de atribuirse a los exponentes ponderativos de la influencia que cada eficiencia parcial ejerce sobre la total, para lograr que las cifras resultantes de la fórmula (1) nos reflejaran la realidad.

Nos vemos obligados a buscar otros caminos que nos conduzcan a establecer valores de la eficiencia. En vez de analizar los factores que la forman, observemos los resultados que se obtienen según la cuantía de la eficiencia, y de estos resultados deduzcamos unos valores representativos de la eficiencia industrial.

Con una industria en marcha, se obtienen productos. Examinando y comparando una misma clase de productos obtenidos en diferentes tiempos, o industrias, o mediante procesos de fabrica-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ción distintos, podremos llegar a un concepto más sencillo; éste es al que hemos dado el nombre de *Coeficiente de Eficiencia*, E, el cual es aplicable a una industria determinada, en un momento dado y para un proceso de fabricación determinado.

La expresión matemática del concepto de Coeficiente de Eficiencia viene representado por la fórmula general siguiente:

$$\text{Coeficiente de Eficiencia} = \frac{\text{Calidad del producto}}{\text{Precio de coste}} \qquad (2)$$

la cual, como veremos más adelante, se expresa con más precisión de la siguiente manera:

$$E = \frac{1}{P \times N^{a}} \qquad (3)$$

siendo E el coeficiente de eficiencia, P el precio de coste del producto, N el número de calificación, que será tanto menor cuanto mejor sea la calidad del producto, y *a* un parámetro.

Aun cuando la Eficiencia y el Rendimiento guardan una cierta relación, debemos de evitar su confusión. En efecto, el rendimiento es el producto o utilidad que da una cosa, de modo que el rendimiento global de una industria puede representarse por los beneficios netos obtenidos durante un período de tiempo en relación con el capital invertido y, como lógica y normalmente, los beneficios serán tanto mayores cuanto menor sea el precio de coste y cuanto mejor sea la calidad de los productos; se observa que existe cierto paralelo entre el rendimiento global de una industria y su coeficiente de eficiencia, sin que sean la misma cosa.

Por otra parte, en el cálculo de los rendimientos parciales de un proceso de fabricación en relación con las cantidades de primeras materias empleadas, de la mano de obra, producción obtenida por máquina en una determinada operación, energía consumida por unidad producida, etc., los rendimientos están en razón inversa con el precio de coste, al igual que el coeficiente de eficiencia, pero sin que las cifras que les representan expresen influencia alguna de la calidad de la producción.

Del examen somero de la fórmula (2) se desprende que para aumentar el valor del coeficiente de eficiencia debemos aumentar el numerador y disminuir el denominador, simultáneamente o provocando una sola de las dos variaciones, o también aumentando ambos con un aumento relativo superior de la calidad, o incluso disminuyendo ambos con una disminución relativa superior del precio de coste.

C) Expresión numérica del Coeficiente de Eficiencia.

Aun cuando existen diferentes modos y formas de calcular un precio de coste, fácilmente se comprende que no existe problema para su determinación, por lo cual, una vez elegido un camino para su cálculo, resulta sencillo el dar una expresión numérica al denominador de la fórmula (2).

Algo muy diferente es la consecución de una expresión numérica para el numerador de dicha fórmula. Solamente puede alcanzarse de una forma convencional y relativa.

Si, por ejemplo, al comparar productos de una misma clase, se les coloca en un cierto orden en atención a la calidad que poseen y se asigna a cada uno un número sucesivo, habremos llegado a una numeración de las calidades, de una forma muy empírica y rudimentaria.

Es preferible, más práctico y mejor reflejo de la realidad, efectuar la representación de la cifra de la calidad, en análoga forma a como se puntúa un concurso deportivo (todos hemos oído hablar de las tablas de clasificación del decathlon en atletismo), mediante una tabla de clasificación relacionando los valores de las medidas de una serie de condiciones geométricas, mecánicas, eléctricas, físicas, químicas, etc., que posea cada producto a comparar, con los valores, previamente fijados, que creemos conviene que posean los productos de referencia como término medio; y efectuando la calificación por las sumas de las diferencias positivas o negativas entre los valores hallados para los productos a calificar y los valores que de las mismas medidas se han tomado como base o patrón, afectando a las diferencias de cada una de las cualidades medidas de un coeficiente ponderativo, cuyo valor esté en relación con la influencia que dicha cualidad tiene en la calidad del producto, al buen juicio del calificador.

C_1) El precio de coste.

Su expresión numérica puede hallarse mediante uno de los varios procedimientos utilizados para su cálculo, en los que se tiene en cuenta: el interés del capital; las amortizaciones; el coste de las primeras materias y semiproductos utilizados; la mano de obra empleada; la energía consumida; los costos de los equipos maquinales, recambios y reparaciones; los gastos de inspección de la producción, y los gastos generales de dirección, administración, etc. Sumando dichos costes parciales y aplicándolos a cada unidad producida, se obtendrá el precio de coste del producto.

La relativa facilidad de determinación de un precio de coste, estriba en que la mayor parte de sus componentes o factores que influyen en su valor son de tipo *material*, y aunque intervienen asimismo algunos de tipo *psicológico* o *subjetivo* de relativa importancia, imposibles de medir en sí, pueden medirse por la influencia que ejercen en los resultados de los costes parciales. Por ejemplo, el acierto en modificar en un proceso químico los tiempos de reacción; la elevación de la temperatura durante una cristalización o en una reacción reversible, no pueden medirse en sí, pero nos pueden originar un aumento en el rendimiento de las operaciones, y como los gastos se reparten entre un número mayor de unidades producidas, obtendremos como resultado una disminución de precio de coste.

Para la medición del coeficiente de eficiencia en un momento determinado, no tiene excesiva importancia el sistema de cálculo que se adopte para el precio de coste. Ahora bien, el coeficiente de eficiencia puede ser un número índice de comparación entre fabricaciones realizadas en tiempos distanciados, y en tal caso sí que tiene importancia la forma de calcular el precio de coste.

En este caso, que es el más interesante, ya que permite comparar la eficiencia de una o varias industrias en años diferentes, se ha de buscar una fórmula del precio de coste en la que, de acuerdo con las modernas tendencias expuestas por varios autores en libros, monografías y conferencias, se tenga en cuenta la revalorización (o desvalorización, menos frecuente) del activo de la industria a los precios del día, la aplicación de porcentajes de amortización que sean de cuantía justa independientemente de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

los que se toleran por la Administración Pública, al presentar los balances a la Hacienda, y todas cuantas circunstancias que nos lleven al cálculo del precio de coste de la forma más racional posible.

Calculado el precio de coste siguiendo las tendencias expresadas, conviene que las unidades en que venga expresado, con el fin de que sea comparable en épocas diferentes, no sea la moneda corriente, sino la hora de trabajo. Para encontrar este nuevo tipo de precio de coste, que llamaremos C_H, se multiplicará el precio de coste en pesetas C_P por el número de H horas empleadas por los productores diversos en la fabricación del artículo de que se trata, y se dividirá por el importe S de dichas horas, incluso cargas sociales, expresado en pesetas:

$$C_H = C_P \text{ : precio de la hora} = C_P : \frac{S}{H} = \frac{C_P \; H}{S}$$

C_2) La calidad de un producto.

En la mejora de la calidad intervienen diversos factores, pero gravitan tanto o más intensamente los de tipo *psicológico* o *subjetivo*, que los meramente de tipo *material*.

Para fijar numéricamente la calidad de un producto, nos hemos de basar en sus dimensiones, en su acabado o aspecto superficial, en la composición química o física de las materias que lo forman, etc., todo lo cual se puede traducir en cifras mediante una serie de medidades geométricas, mecánicas, ópticas, químicas, etc.

El caso más sencillo se presenta cuando la determinación de la calidad viene regida por la variación de un solo factor. Así puede suceder, por ejemplo, al calificar un producto químico de fórmula fija determinada y conocida, sin isómeros, en cuyo caso la calidad puede depender exclusivamente del porcentaje de impurezas que contenga.

Al establecer normas de calificación, es conveniente que la gradación de calidades se haga, como máximo, entre las cifras 1 y 20, con el fin de no sobrecargar el número de ellas y de que sea practicable.

Debido a que ya se han establecido algunas normas para fijar calidades, y resultando que en ellas se expresan las mejores calidades (las primeras) con las cifras más bajas, todas las normas deben seguir esta pauta y, por lo tanto, la fórmula (2), debe variarse para adaptarnos a esta situación, transformándose en la siguiente:

$$\text{Coeficiente de Eficiencia} = \frac{1}{\text{Precio de coste} \times \text{N.° de calificación}} \qquad (4)$$

Pongamos algunos ejemplos de calificación:

En la industria siderúrgica se puede calificar cada tipo de hierro o acero, en función del porcentaje de impurezas de azufre y de fósforo que contenga, tomando la suma de ambos porcentajes, expresados en milésimas por cien.

Así se puede establecer el siguiente cuadro de calidades:

S + P	0,001 %	0,0015	0,002	0,0025	0,003	0,0035	0,004	0,0045	0,005	0,0055	0,006	0,0065	0,0075	0,008	0,0085	0,009	0,0095	0,010	0,0105	0,011
Calificación N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

En la industria mecánica, tanto la exactitud de las dimensiones como el acabado superficial, se pueden apreciar por la escala de tolerancias I. S. A., que fijan el grado de exactitud de una dimensión.

En el torneado de una pieza cuyo diámetro en mm. es D, se calcula la unidad i expresada en milésimas de milímetro:

$$i = 0{,}45 \sqrt[3]{D} + 0{,}001 \; D$$

Se fija en 10 i la tolerancia fundamental admitida para la calificación número 6, y las tolerancias anteriores y siguientes se deducen de la progresión de números cuya razón geométrica es $\sqrt[5]{10}$, quedando establecida la calificación por el siguiente cuadro:

Tolerancia	i	1,6 i	2,5 i	4 i	6,4 i	10 i	16 i	25 i	40 i	64 i	100 i	160 i	250 i	400 i	640 i	1000 i	1600 i	2500 i	4000 i	6400 i
Calificación N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Para las diversas ramas de la producción industrial debe formularse una escala de calidades, siguiendo pautas análogas, previo estudio en cada caso, y aprovechando lo que se haya establecido en otros países.

La fórmula (4) representa una tendencia en la eficiencia, pero para que su resultado numérico se aproxime más a la realidad, debido a que la gradación de los números de calificación es completamente arbitraria y empírica, debería afectarse al número de calificación de un exponente que podrá ser mayor o menor que la unidad, según los casos a estudiar en cada producto o proceso.

De aquí se desprende la fórmua definitiva del coeficiente de eficiencia que ya expusimos:

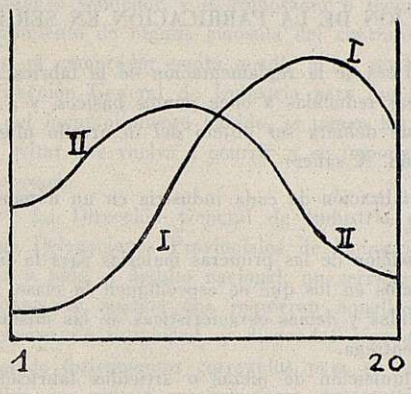
$$E = \frac{1}{P \times N^a} \qquad (3)$$

C_3) La eficiencia actual en la industria española.

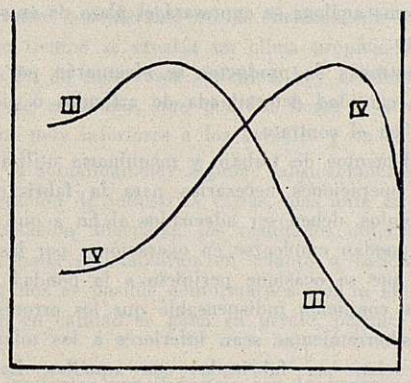
Con toda seguridad observaríamos que, si partiendo de las normas de calificación citadas o de las que se establecieren, las apli-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

cásemos a las diversas industrias españolas actuales, muy pocas de ellas fabrican productos o realizan operaciones que obtendrían bajo número de calificación; un grupo un poco mayor obtendría calificaciones medias, y la mayoría obtendría calificaciones de número alto. Expresado gráficamente, representando las abscisas las calificaciones y las ordenadas las frecuencias de cada calificación, hallaríamos la línea I. A nuestro país le convendría mejorar las calidades, sin encarecer el coste, a ser posible, de modo que dicha curva de frecuencias pasase a ser la línea II.



Si teniendo en cuenta además los precios de coste en unidades-hora de trabajo, calculásemos los coeficientes de eficiencia de las industrias españolas, y dibujásemos un gráfico de frecuencias, en el que para cada valor del coeficiente de eficiencia tomado en el eje de abscisas, pusiésemos como ordenadas, no el número de industrias, sino el volumen industrial, hallaríamos una línea tal como la III. Nuestra aspiración debería ser que dicha curva se aproximara a una tal como la IV.



Una vez establecido un gráfico un año base, serviría de comparación para los que resultasen cada año, y podríamos darnos cuenta de una simple ojeada de los progresos o retrasos de nuestra industria considerada globalmente. Como es fácil hacer variar simultáneamente, y en sentido favorable para aumentar el coeficiente de eficiencia, los dos factores precio de coste y calificación, lo conveniente entendemos que sería, para comenzar la batalla de la eficiencia, dar gran importancia a las medidas conducentes a mejorar la calidad, procurando mantener los precios de coste a niveles parecidos a los actuales, o incluso, en un principio, a costa de que se elevasen algo. Una vez conseguida la mejora de la calidad y acostumbrada la industria a ello, aplicaríamos todos nuestros esfuerzos a disminuir los costes sin afectar las calidades.

H.—EL TRABAJO EN SERIE.

Las calidades alcanzadas en la industria manual, aunque sean de número bajo de calificación, influyen poco en la fisonomía del país, debido a su escaso volumen industrial.

Lo que interesa, por lo tanto, es la mejora de la eficiencia en las industrias grandes, medianas e, incluso, en las pequeñas.

La mejora antedicha es más factible inmediatamente, si se procura su aplicación en los trabajos en serie, ya que la preparación de la maquinaria, herramental y gobierno de fabricación se aplican a un volumen industrial relativamente considerable.

A) Ventajas.

En la industria en general, y en especial en la manufacturera, mediante el trabajo en serie se pueden lograr altos valores del coeficiente de eficiencia, entre otras, por las siguientes razones:

1.ª Permite la utilización de elementos o máquinas adecuadas precisamente para cada operación o grupo de operaciones análogas, lo cual redunda en la mejora de la calidad, sin que represente ello un mayor gasto de primer establecimiento, siempre que se elaboren trabajos de series bastante considerables.

2.ª La energía, las primeras materias o los tiempos empleados en la preparación de las operaciones, o en la puesta en marcha de un proceso, se reparten entre mayor número de unidades fabricadas, con lo que se reduce el precio de coste.

3.ª Con facilidad pueden emplearse elementos y herramientas que automaticen las operaciones, reduciendo así la mano de obra y fatiga que sufre el obrero, y en su consecuencia se reduca el precio de coste y las operaciones defectuosas por descuidos.

4.ª Permite un mejor y regulador abastecimiento de materias primas, por requerirse durante la fabricación de una serie, unas primeras materias de idénticas características.

5.ª Por reducirse en cada industria el número de operaciones diferentes realizadas, durante el tiempo necesario para fabricar una serie, se pueden ahorrar gastos de inspección y de dirección técnica, o bien, en caso de no ahorrarlos, pueden aplicarse con mayor intensidad y eficacia.

6.ª Por análogas causas pueden disminuirse los gastos de administración y de organización comercial de compras y ventas.

Como corolario de todo ello, se desprende el interés que debemos tener en orientar la industria española hacia el trabajo en serie, siempre que ello sea factible.

B) Extensión del mismo en la industria.

Puede parecer a primera vista que el trabajo en serie solamente es aplicable a la industria gigante. Al mero hecho de mencionarlo, nuestra mente se imagina una fábrica grandísima en cuyo interior hay una serie de máquinas trabajando en cadena, una entrada a la fábrica por donde llegan las primeras materias y una puerta de salida por la que van apareciendo, a intervalos regulares, los productos terminados y dispuestos para su entrega a los consumidores.

En España, como consecuencia de nuestro temperamento individualista, si bien existen grandes empresas, hay innumerables

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

industrias pequeñas y medianas, cuya potencialidad depende de la fortuna de un individuo o de una familia, o bien de la capacidad de una persona o de un conjunto reducido de familiares y amigos bien avenidos para llevar el gobierno completo de la industria, o para ejercer todos los cargos directivos y administrativos de cierta responsabilidad que se requiere para la buena marcha de aquella industria.

Este tipo de industria está en manos de la clase semiartesana y clase media acomodada, las cuales forman parte del esqueleto sostén fundamental de nuestra estructura social, no siendo conveniente su desaparición, porque podría acarrear la rotura del equilibrio social español, y engendrar, a plazo no muy dilatado, trastornos y convulsiones, cuyo alcance no es posible prever, si bien es de suponer que las consecuencias serían funestas.

Al objeto de evitarlo, no ha de perderse de vista que conviene que la pequeña y la mediana industria deben poder incorporarse y adaptarse al trabajo en serie.

Las industrias grandes, montadas en ciclo vertical casi completo, desde la obtención de las primeras materias, pasando por la manufacturación, y llegando hasta la venta de los productos acabados a los almacenes o al consumidor directo, pueden organizarse interiormente con relativa facilidad, concatenando debidamente las operaciones de la producción en sus sucesivas y diferentes fases, para llegar a alcanzar un alto valor del coeficiente de eficiencia. No obstante, no debe despreciarse la posibilidad de que, por diversas causas subjetivas imputables a la dirección, por luchas intestinas dentro de la empresa, o que por errores o falta de visión de los problemas por parte de una persona, o reducido grupo de personas, se engendre el peligro de derrumbamiento del Coeficiente de Eficiencia, afectando a un volumen considerable de producción.

Es un caso análogo a lo que sucede en la prosperidad de un país, durante épocas diferentes, según la clase de los reducidos equipos de gobernantes que la rigen.

En la gran empresa, la influencia de la eficiencia parcial de la dirección es mayor que en un conjunto de empresas aisladas que trabajen ayudándose o complementándose. En el primer caso, por tener el exponente f de la fórmula (1) un alto valor, y estar aplicado al factor de un producto, afecta mucho al resultado total. En el segundo caso, la eficiencia total debe expresarse por la media aritmética ponderada de los resultados de varias fórmulas (1), correspondientes a cada una de las industrias que forman el conjunto. Aunque el factor E_D^f de una de las citadas fórmulas (1) falle y pierda valor, originando una disminución considerable de una de las eficiencias parciales, o mejor dicho, individuales, puede quedar compensado con el aumento del valor del factor E_D^f correspondiente a otras industrias. Si la eficiencia de una de las industrias del conjunto llegase a valores muy bajos, como dicho valor guarda un cierto paralelismo con los beneficios de la misma, dada la mayor agilidad existente en las industrias cuanto menores son, se llegará por competencia o comparación con las restantes, a la corrección del mencionado factor o a la desaparición de aquella industria del conjunto y la consiguiente substitución de sus funciones por otra, en forma casi automática. De aquí se desprende que hay una tendencia natural a que las industrias similares tengan una eficiencia que no se separa mucho, por lo bajo, del valor medio de dicha eficiencia.

Cabe, pues, alcanzar altos valores del coeficiente de eficiencia en la industria, si mediante una adecuada reglamentación podemos organizar a multitud de grandes, medianas y pequeñas industrias en trabajos en serie, por los cuales queden enlazadas unas a otras, sin necesidad de perder su independencia y personalidad propia, formándose una pirámide en cuyo vértice estará la empresa cuya misión sea el montaje o acabado final del artículo que se venda al público bajo una marca comercial.

III.—LOS PUNTOS FUNDAMENTALES DE LA REGLAMENTACIÓN DE LA FABRICACIÓN EN SERIE.

Las directrices de la reglamentación de la fabricación en serie, pueden quedar reducidas a once puntos básicos, y a un duodécimo punto que debiera ser objeto del desarrollo ulterior de otra reglamentación. A saber:

1.º Especialización de cada industria en un número posible de fabricaciones.

2.º Adquisición de las primeras materias para la industria, mediante contratos en los que se especifiquen la clase, composición, calidad, medidas y demás características de las mismas, así como el plazo de entrega.

3.º La adquisición de piezas o artículos fabricados en serie, que deban ser utilizados en una ulterior fabricación, se efectuará también mediante contrato y plano anexo, en los que, con toda claridad, se fijen las características de las primeras materias utilizadas en su fabricación, las medidas y demás condiciones que deba tener la pieza o artículo y su plazo de entrega.

4.º Todas las medidas geométricas, físicas, eléctricas, químicas o de cualquier otra clase, deberán fijarse mediante dos cifras representativas de los dos topes máximo y mínimo admitidos, o bien, mediante una medida y sus dos tolerancias positiva y negativa.

5.º En forma análoga se expresará el plazo de entrega señalado en el contrato.

6.º Las entregas de productos se efectuarán por conjuntos o *lotes* de una cantidad determinada de artículos o piezas, previamente fijada en el contrato.

7.º Los elementos de trabajo y maquinaria utilizados en cada una de las operaciones necesarias para la fabricación de una serie de artículos, deben ser adecuados al fin a que se les destina, sin que puedan emplearse en operaciones por las que sufran deterioro, o que se ocasione perjuicio a la bondad del artículo fabricado. Es condición indispensable que los errores propios de las máquinas-herramientas sean inferiores a los tolerados en las piezas que deban ser fabricadas con aquéllas. Las industrias abrirán una ficha o expediente por cada elemento de trabajo o por cada conjunto orgánico de pequeños elementos de menor importancia que disponga, en el que constarán las aptitudes y características del elemento o máquina, su historial, sus errores propios iniciales, las reparaciones sufridas por sus órganos, las revisiones a que ha sido sometido, y los resultados de las pruebas de recepción de cada serie de productos en cuya fabricación ha intervenido.

8.º Los instrumentos y aparatos de medida deberán ser adecuados para la comprobación de las características de los productos o piezas elaboradas, y serán objeto de revisión periódica, al objeto de corregir sus defectos, variando la frecuencia de la

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

revisión según la importancia de la precisión exigida y la clase del instrumento.

9.º Las industrias que efectúen suministros comprendidos en esta reglamentación abrirán un expediente por cada persona responsable de operaciones que intervienen en las fabricaciones que nos ocupan. En el mismo constará el historial y experiencia técnica del interesado, y se anotarán referencias a aquellas entregas de productos, en cuya fabricación haya intervenido, y que por defectuosa fabricación se comprobare existencia de responsabilidad

10.º Los contratos podrán acordarse libremente entre el suministrador o vendedor, y el comprador o receptor. En caso de incumplimiento de alguna cláusula del contrato por parte del vendedor, el comprador podrá acudir a los servicios provinciales de la Dirección General de Industria para que proceda a extender acta del incumplimiento habido, se tomen las medidas pertinentes para evitar que vuelva a ocurrir y se impongan sanciones si fuera necesario.

11.º La Dirección General de Industria organizará, a través de las Delegaciones Provinciales de Industria, para que se extienda a todo el ámbito nacional, un servicio de alquiler de instrumentos de medida que requieran aquellas industrias que no los posean en propiedad, y dispondrá siempre en existencia de juegos de instrumentos corregidos para su entrega a cambio de aquéllos que por el uso estuvieran descorregidos.

12.º Se procederá a la clasificación de las industrias, en orden a la calidad que puedan alcanzar en los productos de su fabricación.

IV.—LA APLICACIÓN A LA PRÁCTICA Y LA MEJORA DE LA EFICIENCIA.

Contando con una reglamentación adecuada que permita el cumplimiento de los puntos fundamentales expuestos, puede lograrse un avance considerable en la eficiencia de nuestra industria. Al propio tiempo se crearía un clima propicio para impulsar la fabricación de numerosos artículos, hoy al alcance de reducido número de españoles, que podrían llegar a ofrecerse al público a precios muy inferiores a los actuales y en calidades mejores.

En la actualidad hay algunas fabricaciones que se apoyan en la cooperación de industrias varias, mas ante la carencia de una reglamentación adecuada, los resultados obtenidos no son, en general, nada satisfactorios en cuanto a calidad. Desgraciadamente, no nos es posible conformarnos con la idea de que lo que se pierde en calidad se gana en precio, porque dista mucho de ser cierto.

Al implantar una industria con la honesta intención de conseguir buenas calidades y precios bajos, se abren ante nosotros dos caminos a seguir, completamente dispares.

Uno de ellos, consistente en la rápida puesta en marcha de la fabricación, al mayor ritmo posible de producción, sin preocuparnos de la calidad, para luego, una vez alcanzada la regularidad en la marcha de la industria, tratar de ir mejorando paulatinamente la calidad de los productos.

El segundo camino consiste en iniciar la fabricación a ritmo lento y cuidando de producir productos de buena calidad, dando una menor importancia al precio de coste momentáneamente, y una vez alcanzada una excelente calidad. incrementar la producción, disminuyendo el precio de coste, sin merma en la calidad.

A nuestro modesto juicio, y aunque aparentemente ambos caminos conduzcan al mismo lugar, es preferible la elección del segundo camino, ya que desde un buen principio presenta la ventaja de educar al personal, acostumbrándole al trabajo preciso y al empleo de aparatos y máquinas adecuados.

En general casi siempre ha ocurrido en España, cuando se ha implantado una nueva industria, que se ha empleado una dosis excesiva de improvisación, y tal circunstancia se ha acusado más aún en muchas nuevas instalaciones posteriores al año 1936, llevadas a término en momentos que ha habido escasez de elementos adecuados, mientras el tiempo apremiaba para lanzar productos a un mercado desabastecido.

Esta forma de iniciar la vida de una industria tiene como vicio de origen el desconocimiento o desprecio por la calidad y la desfavorable consecuencia de que después de un lapso de tiempo nos resulta muy duro el comprender la ineludible necesidad, para no perecer más adelante, de hacer nuevos desembolsos para la renovación de la mayor parte de los elementos de producción. Se comprende que dicho camino no es el más adecuado para que se llegue a apreciables resultados en la mejora de la calidad, si no es a fuerza de mucho tiempo.

A remediar todos esos graves inconvenientes tienden nuestras propuestas de reglamentación.

Una vez promulgada la reglamentación, con carácter voluntario, aquellas industrias que aceptasen servir suministros de acuerdo con aquélla, serían las que se abrirían paso y vencerían a la competencia, porque, en resumidas cuentas, serían las únicas en las que se podría confiar para lograr una producción seria y eficiente. Aunque el número de industrias que aceptasen la reglamentación de momento fuera pequeño, ejercerían una función de fermento que arrastraría a sus competidores a entrar por el buen camino, con lo cual se provocaría a plazo relativamente breve una mejora notable de la eficiencia.

A) Proyecto de Reglamento.

En un anejo al final de este modesto trabajo presentamos un proyecto de Reglamentación de la Fabricación en Serie de Productos o Piezas que son utilizados por otros fabricantes, el cual apenas difiere del que a mediados del año 1936 elaboró el firmante juntamente con su compañero don Martín Kraemer Morata, el cual nos fué sugerido por la multitud de desechos que había en las entregas y recepción de piezas fabricadas en serie por multitud de industrias que trabajaban por cuenta de la Ford Motor Ibérica, piezas que estaban destinadas al montaje de coches y camiones y al almacén de recambios. El original de dicho Reglamento lo mandamos por correo a un miembro del Consejo de Industria, desde Barcelona, hacia el día 15 ó 16 de julio de 1936, suponiendo que dadas las circunstancias en que vivíamos, en aquellos momentos, debióse extraviar.

B) Clasificación de las industrias.

Para más adelante, cuando sea un hecho la aplicación del citado reglamento, deberá aplicarse un Reglamento de Clasificación de Industrias.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Independientemente de la clasificación de industrias en dos categorías, establecida en el artículo 7.º de dicho Reglamento, el nuevo debe referirse a la clasificación de las industrias en orden a la calidad de los productos de su fabricación.

Procedamos a estudiar los puntos fundamentales en que pueda basarse esta clasificación:

Por el mero hecho de existir una fábrica o taller, se da por sentado que queda clasificado en la última categoría, es decir, con la calificación representada por la cifra más alta.

Si una industria no estuviera conforme con dicha calificación, y pretendiera situarse en una calificación mejor, de ello se encargará la «Sociedad Española para la Clasificación de Industrias» (SECI), de la que más adelante hablaremos, la cual tomando como base los datos aportados por el industrial y comprobados por los ingenieros de las Delegaciones de Industria mediante pruebas adecuadas, procederá a fijar una clasificación de calidad *mínima*.

La propia SECI podrá, sin intervención de las Delegaciones de Industria, y a base de datos y pruebas aportados por el industrial, proceder a fijar una clasificación de calidad *máxima* para la citada industria, es decir, con un número de calificación menor que el que representa a la calidad *mínima* antes nombrada.

La diferencia entre la calidad máxima de una industria, y su mínima comprobada por la Delegación de Industria, no podrá exceder de *tres* unidades de calificación (considerando que el total de números de calificación alcance hasta veinte).

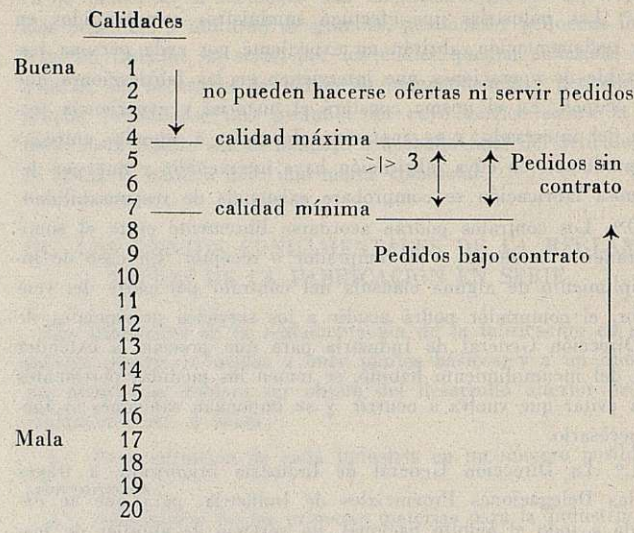
Toda industria vendrá obligada a indicar de manera visible su número de calificación, en el rótulo de entrada a su fábrica y oficinas, así como en todos los impresos de cartas, facturas, tarjetas, propaganda, etc., y estará, asimismo, obligada a exhibir a sus clientes los certificados de clasificación, antes de proceder a la fabricación de un encargo, o antes de efectuar la venta de los géneros de su fabricación almacenados.

Ninguna industria podrá aceptar pedidos bajo contrato, en la forma establecida en la Reglamentación de la Fabricación en Serie, de productos de mejor calidad a la que tiene como *mínima*. Tampoco podrá hacer ofertas, ni aceptar pedidos sin contrato, de productos de calidad superior a la que tiene fijada como *máxima*.

En casos excepcionales podrá aceptar pedidos de productos de calidad inferior a su *mínima*, a condición de que el comprador especifique claramente en su pedido que acepta la referida calidad. En tal caso, si las entregas de productos resultasen ser de peor calidad que la aceptada en el pedido, el comprador podrá acudir a la Delegación de Industria para que se aplique la correspondiente sanción en forma análoga a como está previsto en el Reglamento de la Fabricación en Serie, y después de hechas las debidas comprobaciones se podrá proceder a la corrección del número de calificación.

El mismo camino se podrá seguir y las mismas medidas se podrán tomar, en aquellos casos en que sin mediar contrato, o pedido con aceptación de una calidad, se entregasen productos de inferior calidad a la *mínima*.

Exponemos el esquema siguiente que ayuda a comprender lo expuesto.



C) La Sociedad Española para la clasificación de Industrias.

Hemos indicado que en el supuesto de que se fuera aplicando extensamente la Reglamentación de la fabricación en serie, será conveniente proceder a la clasificación de las fábricas y talleres.

Dado el volumen que podrá alcanzar el trabajo de esta clasificación, se formaría el germen para la creación de la SECI, mediante la Dirección General de Industria y sus Delegaciones Provinciales, hasta que la reacción de los mismos industriales permitiera darle vida independiente.

Para ello, la Dirección General de Industria fundaría la SECI en su propio domicilio y tendría una representación provincial en cada Delegación de Industria. Los ingenieros designados por la Dirección General de Industria plantearían las normas provisionales para establecer un esbozo de clasificación, en espera de la acogida que esta nueva Reglamentación obtuviese entre las industrias.

Dichas normas señalarían: 1.º La primera clasificación mínima a establecer en cada caso. 2.º Las sanciones a aplicar en caso de aceptación de pedidos que por su calidad excedieran de las posibilidades del herramental y preparación de una industria. 3.º La forma de presentar las reclamaciones. 4.º La persona o tribunal encargado de dictaminar.

Cuando en una provincia las industrias reaccionaran favorablemente ante esta nueva Reglamentación, se les invitaría a formar la Delegación Provincial de la SECI, y cuando estuvieran formadas 4 ó 5 de estas Delegaciones, se constituiría formalmente la SECI, dando a los propios industriales la oportunidad de nombrar ellos mismos los cargos directivos de la oficina central y de sus Delegaciones, pudiéndose dejar algunos representantes de la Dirección General de Industria en la SECI, durante un cierto tiempo, para asegurar la continuidad en la aplicación de la Reglamentación.

Con facilidad se podrá llegar posteriormente a la cesión por la Dirección General de Industria a la SECI, del servicio de alquiler y mantenimiento de útiles de medidas a que hace referencia la Reglamentación de la Fabricación en Serie.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

D) El momento actual de las primeras materias.

La actual coyuntura económica de nuestro país está caracterizada por la escasez o carestía de las primeras materias y servicios básicos, entre los que se encuentran los siguientes:

Carbón, combustibles líquidos y lubrificantes.
Energía eléctrica.
Hierro y acero.
Metales no férreos (cobre, aluminio, estaño, plomo, etc.).
Cemento portland.
Fibras textiles.
Cereales.
Grasas.
Productos químicos (ácido sulfúrico, ácido nítrico, sosa cáustica, carbonato sódico, cloro, etc.).
Transportes.

Dependiendo la escasez de algunos de ellos, a su vez, de la escasez de los otros.

Ante dicha escasez resultará sumamente difícil conseguir que se suministren bajo contrato en la forma establecida en el Reglamento proyectado. Es humano y comprensible que el suministrador de primeras materias que escaseen, sabiendo que las tiene vendidas en cualquier momento sea cual sea su calidad, no ponga mucho interés en superar las calidades, y aún es menos probable que se avenga voluntariamente a suministrarlas bajo plazos y otras condiciones estipuladas en los contratos. Por otra parte no consideramos que el obligarle violentamente a hacer dicho suministro en tales condiciones, sería un procedimiento para alcanzar buenos resultados.

Suponiendo por el momento que por la fuerza se llegara a hacer algún suministro siguiendo las normas de la Reglamentación proyectada, y que a causa de que por defectuosas condiciones le fueren rechazadas algunas partidas de primeras materias, ¿por ventura, no le sería fácil, sin pérdida de tiempo, encontrar un comprador menos exigente y molesto?

Para aplicar la Reglamentación vemos que es necesario encontrar alguna solución fácil y viable al problema de las primeras materias. Tratemos, pues, de encontrarlo.

A algunos podría parecer una solución aceptable la de que cuando alguien deseara producir un artículo industrial para consumo, utilizando la Reglamentación de la Fabricación en Serie, presentase, para su aprobación por la Dirección General de Industria, el proyecto del artículo final a fabricar, los contratos aplicables a las diversas fases intermedias de su fabricación y el proceso general a seguir, y una vez aprobado dicho programa por la Dirección General de Industria se exigiera su cumplimiento, incluso la entrega de cupos forzosos con carácter preferente, de las primeras materias necesarias que estuvieran sujetas a intervención o tasa.

Dicho procedimiento presenta muchas fallas, y para que fuera eficaz y justo deberían estar intervenidas por la Administración las diferentes fases de fabricación y, finalmente, la venta al consumidor; todo lo cual presenta muchos inconvenientes y sería engorroso y desagradable para los industriales. Por otra parte, si el producto final fuera un artículo deseado por un sector del público y, en cambio, el volumen de fabricación no fuera suficiente para ser repartido por racionamiento igualitario entre todos los componentes de dicho sector, únicamente se beneficiaría a una minoría, la cual podría no ser la más merecedora de ello, en forma análoga a lo que sucede al conceder permisos de importación aislados en algunas mercancías con divisas del IEME, no procedentes de compensaciones o cuentas combinadas que estén al alcance de cualquier español.

La solución que a nuestro modesto saber y entender, es la única viable en el actual momento económico y mientras las circunstancias no aconsejen adoptar otro criterio mejor, consistiría en imponer a los productores de primeras materias la obligación de suministrarlas bajo contrato para las fabricaciones comprendidas en la Reglamentación de la Fabricación en Serie, con preferencia a cualquier otro suministro, pero en nuestro caso en ABSOLUTO RÉGIMEN DE LIBERTAD DE PRECIOS. Debería tomarse la precaución únicamente de que las partidas rechazadas pasaran al régimen de cupos y precios de tasa.

Los más suspicaces podrían creer que todo ello representaría la constitución de una fórmula cuyo exclusivo fin sería la venta de primeras materias a precios fuera de tasa, por lo cual en último término, para evitar posibles abusos, cabría que por el momento se estableciera la obligación de que todos los contratos fueran registrados mediante una copia en la correspondiente Delegación de Industria, al objeto de que en su día se pudiera investigar el destino de las primeras materias vendidas libremente.

Mediante estas soluciones expuestas se vencería el escollo principal que hay ante la puesta en marcha de la Reglamentación, al propio tiempo que se estimularía considerablemente la mejora en la calidad de las primeras materias.

E) La Contingenciación.

Previamente realizada la clasificación de las industrias por números de calificación, podremos entrar en la idea de lo que llamamos Contingenciación.

Esta idea nació en Alemania, para el mejor aprovechamiento de los recursos industriales del país, durante el estudio de la fabricación económica. Consistía en un reparto de Contingentes, de la producción calculada como necesaria en el país, entre todas las industrias, de acuerdo con las aptitudes y posibilidades de cada una de ellas.

Un proceso análogo se llevaba con anterioridad a la práctica en Estados Unidos, de forma espontánea y sin limitaciones. En el caso americano, como en el que se podría aplicar a España, la palabra contingenciación, etimológicamente, no está bien aplicada, pero la aceptamos mientras no encontremos un vocablo que en forma simple nos represente la idea.

Ciñéndonos, por ejemplo, a la industria mecánica y similar, podemos indicar que la contingenciación consiste en distribuir la fabricación de las piezas de maquinaria y de otros artículos entre talleres especializados en mecanizaciones y transformaciones determinadas. Es lo que corrientemente hacen algunos industriales al encargar trabajo por su cuenta a otras industrias, a menudo de menor importancia económica, pero más especializada en un cierto proceso, si bien en nuestro caso debería quedar sometido a bases científicas y racionales.

A dicho fin, las piezas o semiproductos se pueden dividir en cuatro grupos fundamentales:

1.º Piezas con predominio de metal.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

2.º Piezas en cuya fabricación hay predominio de manipulación de arena de fundidor.

3.º Piezas en las que predomina la madera, las materias plásticas o similares.

4.º Piezas compuestas o mixtas.

Cada uno de estos grupos se divide en cinco subgrupos:

a) Piezas cuyo peso se cifra en gramos.

b) Piezas ligeras.

c) Piezas pesadas.

d) Piezas movibles por arrastre.

e) Piezas que han de moverse mediante grúa.

A cada uno de los veinte subgrupos resultantes cabe aplicar la serie de calidades de tolerancia I. S. A. ya conocidas. De ello resulta que, poniendo un ejemplo, un taller de fabricación de compases podría pertenecer al grupo 1.º *a*), calificación 5, o que una fundición de hierro al grupo 2.º *e*), calificación 14, y que un taller de moldeado de resinas artificiales pertenecería al grupo 3.º *b*), calificación 6, etc...

Un empresario que desease, a título de ejemplo, lanzar al mercado un aspirador eléctrico, después de haberlo proyectado, despiezado, estudiadas las clases y calidades de los materiales y las tolerancias de las diversas piezas, etc., no tendría más que encargar cada pieza para su fabricación en serie a un taller perteneciente al grupo, subgrupo y calificación adecuada a la misma, mediante contrato siguiendo la Reglamentación de la Fabricación en Serie, y luego cuidar del montaje y de la organización de la venta. Es decir, que haría un reparto de contingente, mediante libre acuerdo, entre varias industrias, cuyo fin conjunto sería alcanzar la fabricación de una serie de aspiradores.

La práctica de la contingenciación, aplicada a nuestro país, puede conducirnos a introducir nuevas fabricaciones y a mejorar otras que se llevan a cabo actualmente, pero utilizando con la máxima eficiencia los recursos industriales que poseemos, dada la facilidad de llevarlas a cabo por un empresario poseedor de un buen proyecto, sin necesidad de inmovilizar apenas capitales en nuevas instalaciones. Además de que si el artículo que se pretendiera montar y vender estuviera bien concebido, presentaría la garantía de estar fabricado con eficiencia, lo cual significa buena calidad y precios asequibles a muchos compradores.

Las industrias subsidiarias tendrían estímulo para mejorar la calidad y abaratar la producción, y como resultado final se obtendría una sensible elevación del nivel de vida medio de la población española y la posibilidad de acudir a los mercados extranjeros con nuestros artículos manufacturados. Esto último actualmente es una excepción, porque salvo contados casos nuestros artículos no son aceptados debido a su baja calidad o su alto precio.

Si el primero de los resultados indicados es importante, tanto o más lo es el último como se deduce de las consideraciones siguientes:

1. Nuestra población es vegetativamente creciente.

2. Están paralizadas las fuertes corrientes de emigración.

3. Nuestra agricultura de secano, o de cultivo extensivo, tiene un bajo coeficiente productivo por hectárea, no viéndose claramente que lleve un camino de rápida mejora de su rendimiento.

4. En el supuesto de que nuestros cultivos extensivos se mecanizaran, fuera posible el empleo de mayor cantidad de abonos y como consecuencia se incrementara su rendimiento, la absorción de población en las zonas dedicadas a esta clase de cultivos, sería muy inferior al aumento vegetativo resultante de la suya actual.

5. La puesta en marcha de nuevas intensificaciones de cultivos, zonas de huerta y regadío, que absorberían bastante población, es lenta.

6. Ha de tenerse en cuenta que de ambas absorciones de población se ha de restar la correspondiente al abandono de terrenos de cultivo, cuya utilidad marginal es pequeña, por lo que se dedican a pastos o repoblaciones forestales, y aunque en pequeña proporción, la correspondiente a los terrenos ocupados por nuevas edificaciones, vías de comunicación, nuevos pantanos, etc...

7. La consecuencia de estos razonamientos es que en su gran mayoría, nuestros aumentos de población, deberán dedicarse a actividades industriales.

Este fenómeno ya viene ocurriendo naturalmente, y se puede comprobar por la simple comparación entre los pequeños aumentos de población habidos en las zonas rurales (alguna de ellas en régimen de despoblación) y los francos aumentos en la población de las zonas industriales, constituyendo la conocida corriente migratoria del campo a la ciudad.

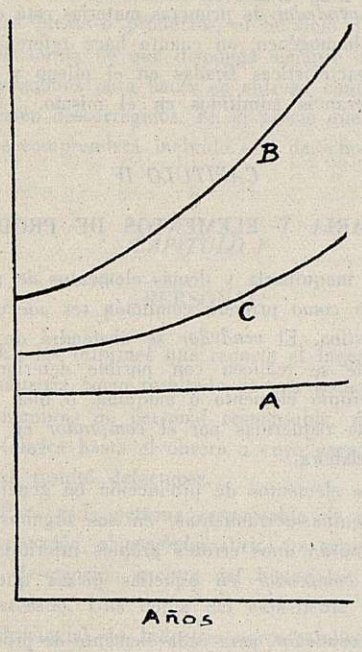
Parece ser que en las actuales condiciones de productividad de nuestra agricultura, el campo ha llegado a un punto relativamente cercano al de su saturación de población activa, y que si llegase a suceder lo mismo en el sector industrial, comenzaría a descender el nivel general de vida, es decir, la renta media por español expresada en unidades invariables (mercancías o productos).

Expondremos un gráfico que aclarará las ideas. Tomemos como abscisas los años a partir, por ejemplo, del actual, y como ordenadas los consumos. Expresemos la población no en número de personas, sino en unidades consumidas, de modo que si el nivel de vida no varía, la misma curva a diferentes escalas puede representar indistintamente la población o el consumo. De una forma simplista dividiremos la población del país en dos únicos grupos según la finalidad de sus actividades: población agrícola y población industrial, a sabiendas de que se trata de una aproximación grosera. Se ha de hacer notar que la curva que representa el consumo no es menester que se refiera al consumo total, sino que puede expresar el consumo de un grupo de artículos solamente.

Sea A la población agrícola, que será estacionaria o lentamente creciente. B será la población total. La diferencia entre A y B indica el aumento de población, o mejor dicho, la población industrial, que es francamente creciente. El consumo de productos agrícolas por la población B, lo hacemos coincidir con la curva B, y consta de dos partes o sumandos, los que se producen en el campo español señalados por C, y los productos agrícolas de importación representados por la diferencia entre B y C. Mientras la productividad por hectárea no aumente al ritmo que aumenta la población total, la diferencia entre B y C, es decir la importación de productos agrícolas es creciente con el tiempo, y han de producir exportaciones con un ritmo parecido.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Como las exportaciones de los productos agrícolas sobrantes tenderán más bien a disminuir que a aumentar, ya que aunque aumente algo su productividad por hectárea también aumentará su demanda en el interior del país al ritmo del aumento de la población total, nos quedará para realizar las necesarias exportaciones el incremento de la producción industrial.



Se ve palpablemente la necesidad de aumentar exportaciones de productos industriales para mantener un nivel de vida de la población similar al actual o mejorarlo. Y para poder aumentar las exportaciones de productos industriales, hemos hecho notar que es imprescindible aumentar la Eficiencia de nuestra industria.

Y para terminar, solamente diremos que en el presente trabajo hemos bosquejado una serie de consideraciones y perfilado una serie de medidas de aplicación destinadas a conseguir un aumento de la Eficiencia en un extenso sector de nuestra industria, las cuales si son recogidas benévolamente por las altas esferas que gobiernan España, pueden producir beneficiosos resultados y consecuencias para el bien de nuestra querida Patria.

Barcelona, a 30 de marzo de 1950.

ANEJO COMPRENDIENDO UN PROYECTO DE REGLAMENTACIÓN DE LA FABRICACIÓN EN SERIE DE PRODUCTOS O PIEZAS QUE SON UTILIZADOS POR OTROS FABRICANTES

CAPITULO I

GENERALIDADES

Art. 1.º Son objeto de esta Reglamentación los talleres y fábricas dedicadas a la fabricación total o parcial de piezas sueltas o productos destinados a la venta no directa al público, sino a otros industriales que, reuniendo varios de ellos, y por un proceso adecuado, manufacturan artículos en serie destinados a la venta al público, bajo una determinada marca comercial.

Art. 2.º La intervención del Estado para el cumplimiento de esta Reglamentación estará a cargo de la Dirección General de Industria, de acuerdo con lo que se dispone más adelante y de los preceptos generales establecidos en el Reglamento Orgánico del Cuerpo de Ingenieros Industriales al servicio del Ministerio de Industria y Comercio.

Art. 3.º Las dudas que puedan originarse al aplicarse este Reglamento o cualquier otro precepto relacionado con él, serán resueltas por la Delegación Provincial de Industria correspondiente, o en último caso por la Dirección General de Industria.

Art. 4.º Contra los acuerdos de las Delegaciones de Industria podrán los interesados interponer recurso de alzada ante la Dirección General.

Art. 5.º El personal facultativo de las Delegaciones de Industria será considerado como Agentes de la Autoridad para los efectos del Código Penal, en todo lo concerniente al ejercicio de su cargo.

Art. 6.º Las inspecciones a que se refiere este Reglamento las llevará a cabo los ingenieros industriales afectos a las plantillas de las Delegaciones de Industria.

Art. 7.º Los talleres y fábricas comprendidos en esta Reglamentación se clasificarán en dos categorías:

A) Aquellos que producen productos destinados a la fabricación de piezas en serie, como por ejemplo: aceros en perfiles, metales, pinturas, tejidos, papeles, maderas, productos químicos, etcétera...

B) Los que producen piezas o conjuntos de piezas para cuya fabricación se parte de algún producto de las clases anteriormente citadas.

Art. 8.º En toda transacción de productos o piezas a que se refiere este Reglamento, existen dos personas jurídicas, que son: el *comprador*, que utiliza los productos o piezas fabricadas por el *vendedor*, y con estos nombres les denominaremos en lo sucesivo, aunque su papel sea tan solo de un mero intermediario.

Art. 9.º El Ministerio de Industria y Comercio, por mediación de sus publicaciones y de las Delegaciones de Industria, repartirá profusamente por todo el ámbito nacional este Reglamento, a fin de que llegue a conocimiento de los interesados.

Art. 10. La Dirección General de Industria o sus órganos provinciales, para conocimiento de los industriales, formarán un detalle de todos los laboratorios oficiales existentes en España, indicando sus especialidades y capacidad.

Art. 11. Por la Dirección General de Industria o, en su defecto, por las Delegaciones Provinciales, se redactarán modelos de los expedientes a que se refieren los artículos 24, 28 y 36, previa consulta con los industriales interesados.

CAPITULO II

CONTRATOS, PLIEGOS DE CONDICIONES Y PLANOS

Art. 12. El *comprador* está obligado a redactar un pliego de condiciones, en el que establecerá todo lo que se exigirá en las piezas o productos que intenta adquirir.

Art. 13. En todos los casos de piezas o productos en los que las condiciones del pliego fijen medidas geométricas, es

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

obligatorio facilitar un plano anejo al pliego. En los demás casos es facultativo del *comprador*.

Art. 14. Las medidas, propiedades o características no geométricas, podrán indicarse por el *comprador* bien en pliego de condiciones, bien en el plano o planos anejos a aquél.

Art. 15. Estos planos tendrán una marca distintiva, título o numeración que no permita confundirlos con ningún otro. El *vendedor* tomará todas las medidas necesarias para que sea respetada la propiedad intelectual de los planos y documentos que le entregue el *comprador*.

Art. 16. Todas las medidas, tanto físicas como mecánicas, químicas, eléctricas o de cualquiera otra clase que se establezcan en los pliegos o en los planos, irán fijadas ya por dos topes máximo y mínimo, ya por una medida numérica y sus dos tolerancias aditiva y sustractiva.

Art. 17. El plazo de entrega de los materiales objeto de un contrato se estipulará en el pliego de condiciones o en el contrato, claramente fijando dos plazos, uno mínimo y otro máximo, entre los cuales deberá efectuarse la entrega del pedido. El incumplimiento de este artículo, dada la importancia que representa para la económica fabricación en serie, será objeto de sanciones.

Art. 18. Una vez aceptados el pliego de condiciones y sus anejos por el *vendedor*, para la formalización del pedido, se extenderá un contrato escrito firmado por *vendedor* y *comprador*, en el que se hará referencia exprésa al presente reglamento y al pliego de condiciones y sus anejos, a todos los cuales deberán sujetarse estrictamente las piezas o productos suministrados por el *vendedor*.

Art. 19. El *vendedor* está obligado solamente a cumplir las condiciones escritas en los documentos arriba mencionados, contrato, planos o pliego de condiciones.

Art. 20. El *vendedor* suministrará sus productos al *comprador*, por conjuntos numerados, formados por un número de piezas o cantidad de productos, perfectamente determinado y fijado en el contrato. Cada uno de estos conjuntos es lo que en este Reglamento se llama *lote*. En las entregas de los *lotes* deberá cumplirse lo que se indica en los artículos 23 y 25.

CAPITULO III

MATERIALES Y SUS GUIAS

Art. 21. El *comprador* de materiales o productos destinados, a su vez, a la fabricación de piezas sueltas o productos que son objeto de este Reglamento, para salvar su responsabilidad en cuanto atañe exclusivamente a la composición, propiedades y características de los productos o materiales que adquiera, deberá realizar la compra mediante contrato y pliego en la forma prescrita en este Reglamento, o bien, exigir por cuenta del *vendedor*, análisis y ensayos en laboratorios oficiales de cada partida de los productos o materias primas que adquiera.

Art. 22. Los resultados de estos análisis o ensayos constituirán un documento que se denominará *Guía del Material*, el cual estará firmado por el *vendedor*.

Art. 23. Esta *Guía* o sus copias sucesivas, debidamente legitimadas por el *vendedor*, que las ha librado, acompañarán a los materiales o piezas fabricados con ellos hasta su entrega al último *comprador* fabricante.

Art. 24. El *vendedor* de productos o primeras materias que deba suministrar material con *guía*, está obligado a formar para cada *lote* una muestra que refleje la composición media del mismo y que será la que se someterá a ensayo para dar origen a la *Guía del Material*.

Art. 25. El *vendedor* de primeras materias está obligado a que cada lote sea homogéneo, en cuanto hace referencia a las propiedades y características fijadas en el pliego y dentro de los límites de tolerancia admitidos en el mismo.

CAPITULO IV

MAQUINARIA Y ELEMENTOS DE PRODUCCIÓN

Art. 26. La maquinaria y demás elementos de producción del *vendedor* deben como primera condición ser adecuados al fin a que se les destina. El *vendedor* se abstendrá de utilizarlos en operaciones que se realicen con posible deterioro o perjuicio evidente del propio elemento o máquina, o bien de la bondad y características requeridas por el *comprador* en el producto o pieza que se elabora.

Art. 27. Los elementos de producción en general, y especialmente las máquinas-herramientas, en sus órganos operadores y reguladores, tendrán unos errores propios inferiores a los requeridos por el *comprador* en aquellas piezas que han de ser trabajadas.

Art. 28. El *vendedor*, para cada elemento de producción o cada conjunto de pequeños elementos de poca importancia, deberá tener un expediente en el que conste el historial, errores propios iniciales, reparaciones que han sufrido sus órganos, revisiones a que han sido sometidos y resultados obtenidos en las pruebas de recepción de cada primera serie o muestra de productos fabricados con él, cuyo expediente estará a la disposición de los ingenieros de las Delegaciones de Industria en caso de reclamación.

Art. 29. También figurarán en él las copias o referencias a los informes del ingeniero designado oficialmente para entender en caso de reclamación habida por defectuosa elaboración.

Art. 30. Es de resaltar la conveniencia por parte del *vendedor* de revisar periódicamente y con frecuencia la bondad de los elementos de producción, agregándose al expediente antes citado el informe del facultativo encargado de este trabajo.

Art. 31. Todos los documentos se numerarán por orden cronológico y figurarán en el índice del expediente.

Art. 32. Los instrumentos de medida serán adecuados para comprobar las características de los productos o piezas elaborados, debiendo revisarse periódicamente y corrigiéndose por su propietario, a fin de alcanzar la precisión exigida a su cometido, variando la frecuencia de su comprobación y corrección según la importancia de la precisión exigida y de la clase del instrumento; frecuencias que serán objeto de reglamentación escrita interior del taller del *vendedor* para su cumplimiento, cuando aquéllos sean de su propiedad.

Art. 33. La Dirección General de Industria, directamente y a través de las Delegaciones Provinciales de Industria, o bien por contrata con una o varias empresas concesionarias que estén es-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

pecializada en instrumentos de medida de precisión, organizará un servicio, para los *vendedores* y *compradores*, previa una fianza de alquiler de los instrumentos de medida de precisión que necesiten.

Art. 34. A fin de que al industrial no le falten en ningún momento, en condiciones económicas asequibles, los instrumentos de comprobación y medida necesarios para cerciorarse de la bondad de las piezas o productos, el Servicio de Alquiler estará organizado en forma de que disponga siempre de juegos de instrumentos corregidos para hacer su entrega contra la de los que por el uso estén descorregidos. En el precio que se estipule para el alquiler se comprenderá incluído este derecho.

CAPITULO V

PERSONAL

Art. 35. En los informes que redacte el ingeniero de la Delegación de Industria como resultado de una reclamación, se harán constar los nombres de personal responsable, desde el Director del taller o fábrica hasta el obrero a cuyo cargo se efectuaba la operación que resultó defectuosa.

Art. 36. Para cada persona responsable de operaciones sujetas a esta inspección, el *vendedor* abrirá un expediente en el que figurará una descripción sucinta del historial y experiencia técnica del interesado. Una copia del expediente se remitirá a la Delegación Provincial de Industria correspondiente, para su servicio de estadística de Personal especializado en fabricación en serie.

Art. 37. Cada vez que se eleve informe, o si es posible, en el momento de levantar acta, el ingeniero de la Delegación de Industria anotará una referencia al acta o informe del que resultare responsabilidad en cada expediente del personal que figure como responsable. Lo mismo se indicará en la copia de los expedientes de Personal que obren en el Servicio de Estadística de la Delegación de Industria.

Art. 38. Cuando una persona figure en varios expedientes por haber trabajado en diferentes talleres, en la Delegación Provincial de Industria se formará un único expediente por persona.

Art. 39. Los talleres o fábricas podrán acudir al Servicio de Estadística de las Delegaciones de Industria en demanda de comprobación de la veracidad de los informes facilitados por el solicitante de colocación.

Art. 40. Anualmente, cada Delegación de Industria elevará una Memoria al Consejo de Industria, y éste recopilará las mismas deduciendo consecuencias para que por el Ministerio de Industria se solicite a los organismos de quienes dependieren las Escuelas de Ingenieros Industriales, Superiores y Elementales de Trabajo, la concesión de becas de estudios en el extranjero sobre temas concretos y la modificación o ampliación de las disciplinas existentes o la instauración de nuevas, en los estudios y prácticas cursadas en las mencionadas Escuelas. En la citada Memoria se podrá hacer referencia a cuantos puntos relacionados con este Reglamento crea conveniente tratar el Ingeniero Jefe.

CAPITULO VI

INTERVENCIÓN OFICIAL, DENUNCIAS, INFRACCIONES Y SANCIONES

Art. 41. La intervención oficial tendrá lugar a instancia de parte, como derivación de las incidencias surgidas en la entrega de piezas o productos fabricados en serie según contrato y pliego de condiciones formalizados de acuerdo con lo prescrito en los artículos 12 a 20 inclusive de este Reglamento.

Art. 42. El que solicite intervención oficial deberá demostrar cumplidamente al ingeniero de la Delegación de Industria encargado del servicio, que por su parte se ajusta a cuanto prescribe este Reglamento.

Art. 43. El denunciante comunicará por escrito la reclamación a la Delegación de Industria, pero ésta, en bien de la buena marcha de las industrias de fabricación en serie, podrá, antes de recibir la comunicación escrita, proceder a actuar tan pronto como reciba un aviso telefónico precursor de aquélla.

Art. 44. La forma de actuación de la Delegación de Industria será la siguiente:

Tan pronto como sea posible, dada la urgencia con que se ha de atender esta clase de reclamaciones, el ingeniero nombrado por el Jefe de la Delegación de Industria, se personará, previo aviso a ambas partes, en el lugar indicado en la reclamación, comprobando la veracidad de la misma, y levantará acta por triplicado, después de oír a las dos partes interesadas, en cuya acta constarán las infracciones de carácter general a este Reglamento que encontrare y en especial las referentes al objeto de la reclamación, y todos aquellos datos que juzgare convenientes para el esclarecimiento de los hechos, así como también hará constar las declaraciones que ambas partes hicieren por propia iniciativa.

Art. 45. Las actas se firmarán por el ingeniero y por ambas partes, quedándose cada uno con una copia. En caso de que una parte no compareciere o se negase a firmar, el acta será igualmente válida.

Art. 46. Del estudio del Acta, el ingeniero elevará un informe al Jefe de la Delegación en el que propondrá las sanciones, si hubiere lugar a ello, y las medidas de orden técnico de carácter general que creyera que deban tomarse, a fin de evitar la repetición de las reclamaciones.

Art. 47. Cuando del informe del ingeniero se dedujera que el 5 %, por lo menos, del lote objeto de reclamación, fuera desechable, se considerará que el lote es defectuoso y rechazable por parte del *comprador*, y en caso de que lo admita, procederá previamente el *vendedor* a seleccionar el lote en tres partidas: productos buenos, reparables e irreparables, teniendo la obligación de inutilizar la última partida reemplazándola por un número igual de productos buenos, y la de reparar los defectos de la segunda partida antes de hacer nueva entrega. El *vendedor* tomará las medidas necesarias para evitar que en sucesivas entregas se incluyan las piezas rechazadas por defectuosas y no corregidas.

Art. 48. La sanción a aplicar en el caso anterior será una multa comprendida entre el 2 y el 10 % del valor del lote denunciado, calculado a los precios del contrato, variando el por-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

centaje, a juicio del Ingeniero Jefe, según las circunstancias que concurran en la infracción.

Art. 49. Cuando del informe se desprendiera que las piezas o productos desechables alcanzaran a menos del 5 % del lote objeto de reclamación, el *comprador* seleccionará con cargo al *vendedor* la parte razonable, devolviéndole, previamente inutilizado, lo irreparable, junto con lo reparable. El *vendedor* estará obligado a reponer con productos buenos esta devolución. La sanción será una multa que oscilará entre el 5 y el 40 % del valor de la parte devuelta, a los precios del contrato.

Art. 50. Al mismo tiempo se podrá imponer otra multa de igual cuantía a la que se menciona en los dos artículos anteriores, por infracción de alguna de las condiciones generales exigidas en este Reglamento.

Art. 51. Cuando la infracción sea debida al incumplimiento en los plazos de entrega, el importe de la multa variará entre el 1 y el 5 % del valor del lote denunciado.

Art. 52. La multa se podrá hacer efectiva, bien directamente del *vendedor*, o bien a través del *comprador*, quien la descontará de sucesivas facturas al *vendedor*.

Art. 53. Las multas se ingresarán en un fondo del que se destinará una parte a retribuir al personal oficial y sufragar su desplazamiento, y el resto se destinará a la organización y mantenimiento del servicio de aparatos de medida, a la ampliación y mejora de los Laboratorios Oficiales y a subvencionar todos aquellos servicios que contribuyan a la aplicación de este Reglamento. Por el Consejo de Industria se fijarán normas para fijar la distribución de estas cantidades.

Art. 54. En aquellos casos en los que para la redacción del informe sea necesaria la presencia de un ingeniero en más de una provincia, por la Dirección General de Industria, a propuesta del Consejo de Industria, se dictarán las pertinentes normas para conseguir la debida eficacia y garantía del Servicio.

Al término de su lectura, don Dimas Menéndez Magdalena se adhiere al trabajo del señor Rahola y estima muy indispensable la clasificación adecuada de los productos, así como la comprobación de la calidad.

El señor García Aguado cree necesario se adopte el acuerdo de que no puede tratarse igual al obrero eficiente que al poco escrupuloso.

El señor Dantín Gallego (Médico), dice que, desde el punto de vista biológico, el factor rendimiento está por estudiar, y que es necesario hacerlo, y cree debe substituirse el conjunto estadístico de rendimiento medio por el de posibilidad media, basado en factores biológicos, científicamente estudiados.

Respecto de esto, el señor Menéndez Magdalena opina que ya en fábricas se tienen en cuenta conceptos psicológicos, si bien de tipo práctico y se aplica en organizaciones y sistemas sobre esta base.

El señor De Buen informa que el Instituto Psicotécnico de Barcelona, practica ya la orientación y selección de personal, atendiendo a factores caracterológicos y temperamentales.

Tras de este debate, se pasa a leer por su autor el siguiente trabajo:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 235. - Educación de los mandos para la industria

Autor: D. ROSENDO CHORRO ONCINA
Ingeniero Naval

Es verdaderamente sorprendente que, mientras cuanto se ha escrito sobre la técnica de la producción ocuparía una serie incalculable de volúmenes, lo que se ha dedicado al estudio del comportamiento del elemento primordial de la misma que, sin ningún género de duda, es el hombre, puede resumirse en un espacio reducidísimo. Y así se llega al caso de que cuando se selecciona a un buen operario para el mando, deja las herramientas de su trabajo, que conoce perfectamente, para asumir una función tan diferente de la anterior como es la de dirigir personal. Y, sin embargo, para esto, se lo abandona por completo a su instinto propio. En el mejor de los casos podrá ocurrir que, con el transcurso del tiempo, encuentre un sistema adecuado para desenvolverse, lo cual sólo sucede cuando el individuo en cuestión posea dotes naturales de mando.

Un antiguo maestro decía que él recibía a un productor nuevo tomándole el pelo y mirándole con desprecio para que se diese cuenta de su superioridad. Por lo menos éste, admitió que debe establecerse cierta relación entre ellos. Para otras personas menos resueltas, los hombres van convirtiéndose gradualmente en sus enemigos y la situación cada vez es más molesta. Sin estos dones naturales para dirigir el personal, el operario seleccionado para el mando no es más que una equivocación. Es incalculable el odio y el resentimiento que estos hombres han dejado por las Factorías sin proponérselo. Su intención era sana, pero desconocían los principios fundamentales de la dirección científica del personal. No conviene olvidar que el encargado es el único representante de la dirección que el productor trata normalmente y que de él depende muchas veces el concepto y la posición que el productor adopta respecto a la Empresa.

Refiriéndonos al Ingeniero, el problema también subsiste. Este llega a la Factoría con un título que garantiza una formación matemática y técnica inmejorable, para encontrarse al frente de una serie de maestros que suelen llevar muchos años en el oficio. El cambio no puede ser más radical y pronto puede apreciarse que no hay problema alguno de personal que pueda resolverse por integrales. Hasta ahora se puede decir que la preparación para hacer frente a estos problemas, que necesariamente se han de presentar, es muy escasa, por no decir nula. Este y otros problemas de la dirección científica son los que se trata de resolver con la educación de todos aquellos que han de desenvolverse al frente del personal, y de ésta, aunque en forma somera, vamos a ocuparnos a continuación.

Hacia el año 1924 se iniciaron una serie de experimentos en la planta de la Western Electric Company, en Hawthorne (al Sur de Chicago), para determinar la influencia de diversos factores en la producción. Entonces se tenían ciertas ideas sobre los resultados que se esperaban. Sin embargo, a medida que éstas se llevaban a cabo la sorpresa fué creciente y se llegó a resultados tan sorprendentes y contradictorios que pusieron de manifiesto cuán a ciegas se andaba en el asunto. Era evidente que había algo cuya influencia en la producción era muy superior a la de cualquier otro de los factores que se consideraron, y este algo no se pudo localizar entonces. No obstante, el camino estaba abierto y pronto se preparó una nueva investigación mucho más amplia y profunda, con el fin de localizar ese «algo» tan buscado. En este esfuerzo colaboraron empresas, Universidades, fundaciones y personas de gran experiencia industrial. Las necesidades de la última guerra mundial incrementaron el esfuerzo con la ayuda directa del Estado, y se llegó, como fruto de él, al programa desarrollado por la War Wanpower Commission para educar a todos aquellos que habían de desenvolverse en la industria al frente del personal.

Cuatro expertos en personal: Kane, Dooley, Conover y Dietz, organizaron estos programas de educación rápida y eficaz, que se conocen por las iniciales T W I (Training within Industry). Los programas están divididos en tres cursos: Relaciones, Instrucción y Métodos de Trabajo.

En cuanto empezó a conocerse el sistema, miles de empresas solicitaron para su personal la educación en estos cursos. Después de terminada la guerra, pasó también a Inglaterra, donde en la actualidad existen institutos en los que se forman los jefes, los cuales están autorizados para educar a las personas elegidas por las empresas para extender en ellas el sistema. Una vez que estas personas se han formado en los cursos especiales a que nos hemos referido, son las que se ocupan de dirigir los cursos de formación del resto del personal de la empresa. Cada uno de estos cursos consta de cinco conferencias de dos horas cada una.

Actualmente se está adoptando el sistema en todos los países industrialmente importantes de Europa.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Todos aquellos con experiencia en la dirección de un taller o de una empresa son esencialmente «Resolvedores de problemas» o «Preventores de problemas». Siempre ha sido prueba de una buena dirección tomar acción previniendo los problemas. Aquellos que han dirigido con buen éxito, necesariamente han llegado a métodos simples analíticos de resolver sus problemas, pero es necesario reducir esos procedimientos a unas pocas premisas fundamentales. Se ha visto que dichos principios son los mismos para gran variedad de circunstancias. Sin embargo, la dificultad de estas personas está, más que en resolver los problemas, en el conocimiento de los principios envueltos y, por lo tanto, en la forma en que éstos han de educar a los demás para comunicarles su habilidad propia. Este vacío es el que cubren estos programas, recogiendo de la forma más elemental las experiencias de muchos años de trabajo en las industrias más diversas.

Lo que necesita todo aquel que ha de desenvolverse al frente de otras personas en cualquier industria, puede resumirse en los cinco puntos siguientes:

1.º *Conocimientos técnicos propios de su puesto* (Materiales, herramientas, procedimientos, etc.)

2.º *Conocimiento de responsabilidades* (Reglamentos, acuerdos, programas, relaciones internas, etc.)

Estos conocimientos son necesarios a todos si han de tener ideas claras sobre su trabajo y responsabilidad como parte de su labor directiva. Varían mucho según la sección, tipo de industria o empresa. Para su recopilación no bastaría con el Espasa. Los programas a que nos referimos no tratan estos dos puntos.

3.º *Habilidad en la instrucción.*—Su presencia ocasiona un aumento en la producción por la acción de la gran fuerza de trabajo que representa una buena instrucción y una acción rápida; se evitan los remiendos, repeticiones, errores, así como los accidentes y el deterioro del material y herramientas.

4.º *Visión crítica de los métodos de trabajo.* Habilidad para mejorar los métodos actuales, utilizando los materiales, las máquinas y el personal con la mayor eficacia.

5.º *Don de mando.*—Las buenas dotes de mando benefician la producción por la comprensión de los individuos, sacando el máximo partido con su forma de dirigir el personal.

Estas tres habilidades deben adquirirse individualmente, y, una vez conseguidas, puede ser igualmente útiles no sólo en cualquier puesto de mando, sino también en otras actividades de carácter complementamente distinto.

Los programas a que me refiero tratan de crear y desarrollar estas tres habilidades por medio del plan de educación comprendido en los tres cursos. Quizás sea el más importante de los cursos el dedicado a formar el don de mando, comprendido en el curso de Relaciones en el trabajo, aunque es posible que el que se refiere a los métodos de trabajo se traduzca de una forma más evidente de un aumento del rendimiento.

Esta educación origina confianza y resolución en la forma de proceder, en lugar de dar soluciones y reglas de tipo normalizado. No cabe duda de que una vez educado el personal en estos cursos deberá seguir ejercitando la habilidad adquirida utilizándola a diario. Por ello debe insistirse continuamente en su utilización. No hay otra forma tan eficaz de influenciar rápidamente la producción conservando el potencial humano.

Durante el desarrollo de las conferencias se ha evitado por completo el carácter de clase o de escuela. Son más bien reuniones en las que a lo sumo deben tomar parte una docena de personas. La misión del preparador no es sólo enseñar, sino educar, haciendo que ellos piensen por sí mismos. Naturalmente, dirigirá el curso, pero de forma que todos tomen parte activa en la discusión. Como dijo Elbert Hubbart: «Si yo le expreso a usted un pensamiento, usted puede recordarlo o no; pero si consigo que usted lo piense por sí mismo es cuando ciertamente lo habré añadido a la lista de sus conocimientos.»

Para la eficacia de este sistema es indispensable una participación activa por parte de la alta dirección. Se ha encontrado cierta falta de comprensión por parte de las direcciones en que esta educación es más bien una herramienta para dirigir, una forma de operar, y no una actividad reservada a unos cuantos señores. No basta con que la dirección apruebe los planes de educación. Sólo cuando hay una participación activa y constante en la introducción y mantenimiento del sistema se progresará de forma efectiva. Los resultados, evaluados en producción, coste y relaciones internas, darán a la dirección las pruebas de que el sistema ha sido asimilado por el personal.

Debido al carácter educativo de estos cursos, poco es lo que se puede decir aquí que pueda utilizarse de un modo práctico. No obstante, voy a describir someramente el contenido de cada uno de ellos.

CURSO DE RELACIONES EN EL TRABAJO

Entre todo mando y su gente existe un flujo de relaciones humanas. Si estas relaciones son cordiales, se comprenden mutuamente, todo va bien y el trabajo se realizará con la colaboración máxima, única forma de que sea eficaz.

La idea de esta colaboración es muy antigua. En algún tiempo es posible que alguien haya creído que sólo se trata de un problema exclusivo de salarios, seguros, mejoras sociales, etc. La empresa más avanzada en este aspecto se encuentra con problemas de relación interior que afectan notablemente la producción, Puede haber quien afirme que esta colaboración ideal sólo podría conseguirse en empresas emplazadas dentro del país de la utopía. Esto había que probarlo. Por lo pronto, sólo podemos afirmar que se ha estudiado tan poco en este aspecto que no tenemos elementos de juicio suficientes para situar la colaboración en la cima de lo inasequible, y mientras tanto nuestro deber es tratar de alcanzarla por todos los medios.

Yo no creo que este sistema T. W. I. sea exactamente la panacea que cure todos los problemas de relación. Estos son muy complejos y en muchos casos no dependen de nosotros exclusivamente. Pero lo que sí podemos afirmar es que constituyen un gran avance en algo que hasta ahora sólo se confiaba a nuestro propio instinto que tantas veces nos ha engañado llevándonos a conclusiones irreflexivas, desordenadas y absurdas.

La educación en las Relaciones del Trabajo que proporciona un medio de ordenar el pensamiento en la forma conveniente, y que es, a la vez, un procedimiento sencillo y eficaz para mantener por lo menos un flujo limpio y claro de relaciones internas. Llevado a la práctica con buena voluntad puede constituir el medio de reducir los disgustos internos a un mínimo.

En este curso de educación, el ingeniero, maestro o encargado aprenden utilizando sus propias experiencias como texto. Sus problemas se discuten y desarrollan a cámara lenta en la sala de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

conferencias, interviniendo todos en su solución bajo la dirección del preparador. Además de esto, sólo hay otro texto constituído por una tarjeta, cuyo tamaño permite llevarla fácilmente en el bolsillo. Esta tarjeta lleva impresos los puntos principales del método, como un programa. Por una de sus caras figuran los principios fundamentales para mantener las mejores relaciones. Aproximadamente, dice así:

RELACIONES EN EL TRABAJO

LOS RESULTADOS QUE OBTIENE UN SUPERIOR SIEMPRE SON POR MEDIO DE SU GENTE

FUNDAMENTOS DE UNAS BUENAS RELACIONES

Todo hombre debe saber cómo ha de desenvolverse.

Definir exactamente lo que se espera de él.
Señalar los medios de mejorar.

Alabar siempre que se merezca.

Buscar bien trabajos extraordinarios o poco frecuentes.
Decírselo mientras aún «está caliente».

Advertir de antemano los cambios que los afectan.

Si es posible, decir por qué.
Procurar que acepten el cambio voluntariamente.

Hacer el mejor uso posible de la habilidad de cada persona.

Investigar qué otras habilidades posee el personal, además de las que utiliza.
No interponerse en las oportunidades de nadie.

El personal debe tratarse individualmente.

En la segunda cara de esta tarjeta se expone el método para resolver cualquier problema, indicando los cuatro puntos fundamentales. Su texto es como sigue:

CÓMO RESOLVER UN PROBLEMA CUALQUIERA

DETERMINAR OBJETIVAMENTE

1.º DARSE CUENTA CLARA DE LOS HECHOS.

Revisar el informe.
Consultar las reglas y costumbres establecidas relativas al caso.
Hablar con todos los individuos en conexión con el caso.
Averiguar opiniones y sentimientos.

Asegurarse de qué se conoce todo el asunto.

2.º PESAR Y DECIDIR.

Examinar los hechos en conjunto.
Considerar cómo encajan.
Establecer las acciones posibles.
Comprobar prácticas y reglas.
Considerar objetivamente el asunto y efecto sobre el individuo, el grupo y la producción.

No precipitar las conclusiones.

3.º ACTUAR.

¿Va a resolver usted sólo?
¿Necesita ayuda?
¿Lo referirá a su superior?
Vigile el tiempo de su acción.

No transija en lo que no deba.

4.º COMPRUÉBENSE LOS RESULTADOS.

¿Cuándo lo observará?
¿Con cuánta frecuencia?
Vigilar las variaciones en la producción, en las actitudes y en las relaciones.

¿Ayudó su resolución a la producción?

Los hombres educados en este curso con sus propios problemas pasan luego al taller y allí empiezan a utilizar el sistema por sí mismos y sin otra ayuda que la de la tarjeta que hemos descrito, con el fin de no dejar ningún paso en el olvido. Desde luego, debe advertirse que la utilización de las tarjetas sin la educación previa no puede garantizar ninguna eficacia en el método.

No cabe duda de que este programa es elemental y de que cualquiera con alguna experiencia tendrá que reconocer su exactitud. Podemos asegurar que cualquiera que se haya desenvuelto con buen éxito en su función dirigiendo personal, no ha hecho más que seguir estos principios. Sin embargo, la utilidad de este programa consiste en haber encontrado el medio de trasplantar a otras personas ese «saber hacer».

La filosofía fundamental de este curso estriba en el hecho conocido de que «no hay dos hombres iguales». De aquí se evidencia la necesidad de que todo mando se esfuerce en conocer a su personal, puesto que aún no se ha dado el caso de que, al igual que las máquinas, llegase un hombre a una factoría con un manual que explique su manejo. Para conocerlos no sirve el viejo y extendido sistema de clasificar a la gente en tipos normalizados dejándose influir por simpatías, parecidos, etc., y cualquier clase de prejuicios absurdos. Cada hombre es distinto de los demás, y seguramente nos sorprenderíamos mucho si pudiéramos conocer el inmenso caudal de posibilidades que se han desperdiciado por esta falta de comprensión del hombre.

ACLARACIÓN DE LOS PRINCIPIOS.

Mr. Dean S. Kimball, de la Cornell University, dijo de la dirección científica que es «aquella clase de dirección en la que todas las acciones se basan en juicios obtenidos de hechos que se han interpretado inteligentemente y presentado de una forma sencilla; del mismo modo que un buque lo pilota un hombre que continuamente toma sondas, observaciones, cálculos y hechos concretos de la carta y se decide por la acción que debe emprender».

Es evidente que lo primero que necesita el piloto es saber a dónde ha de ir, pero, además, necesita saberlo con toda exactitud. ¿Qué diríamos de aquél que para enviar un buque a Buenos Aires no le diera al piloto más instrucciones que las de ¡Váyase usted a América!...? Tampoco bastaría que se dijese que se fuera a la Argentina, sino con toda exactitud definir el puerto de llegada, en este caso Buenos Aires.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Por ridícula que pueda parecer esta comparación, deberemos reconocer que el caso de «¡Váyase usted a América!» es harto frecuente...

He dicho con anterioridad que aquellos que se han desenvuelto con buen éxito al frente del personal, no han hecho más que aplicar estos principios de forma intuitiva. A propósito del segundo punto de este programa recuerdo haber leído un caso, nada reciente por cierto, en el que su aplicación condujo al éxito más brillante, a un hombre extraordinariamente dotado para mandar. Este hombre fué el Cid, y el caso el que se refiere al caballero que reiteradamente había eludido el combate, mostrando gran cobardía. El Cid debió intuir las posibilidades de aquel caso y, lejos de reprochar al cobarde, le sentó una y otra vez a la mesa de los valientes sin decirle una palabra. Así logró hacer de él uno de sus más bravos guerreros. Hay muchas gentes a quienes las mueve más la alabanza que el castigo. No debe escatimarse la alabanza a quien la merezca y no debe olvidarse tampoco que una palmada en la espalda a tiempo puede ser el mejor aliciente que impulse a un hombre al trabajo.

Cualquier cambio siempre origina recelos. Advertido de antemano da lugar al desfogue de las pasiones. Si se consigue que sea aceptado voluntariamente con razones, no cabe duda de que cuando llegue el momento de aplicarlo la tormenta habrá pasado, nadie podrá tomarlo con recelo y la producción no sufrirá con ello ningún descenso.

El último punto me hace pensar en cuántas personas hay por el mundo, cuyo resentimiento nace del convencimiento de que su capacidad les permitiría desarrollar otras funciones superiores a las que están realizando. Al tratar de esto, el programa señala la conveniencia de dar la oportunidad adecuada, pues si se comprobase una aptitud real el cambio posiblemente redundará en un trabajo mucho más eficaz. De esto no cabe la menor duda, pero, además, creo que este punto puede ser muy interesante en otros aspectos. Me refiero a la conveniencia de meditar cuidadosamente sobre las enseñanzas con que se instruye el personal con el fin de capacitarlo para desarrollar su trabajo. Todo operario debe conocer perfectamente su trabajo, y cuantos esfuerzos se hagan en beneficio de su formación se verán compensados con creces, pero el exceso será tan perjudicial como la escasez, pues si hay que seguir los principios expuestos, al tener conocimientos superiores a los que necesita para desarrollar su trabajo, habrá que darles la oportunidad, y habrá que quedarse sin esos operarios. Esto indicaría que la formación había sido improcedente. En el caso de que no se siguieran los principios expuestos, la presencia de personal con conocimientos superiores a los que necesita originaría el descontento.

Como fondo del programa figura el principio a que ya me referí anteriormente, de que no hay dos hombres iguales. Frecuentemente basta con que alguien se parezca físicamente a López, para que, instintivamente, les atribuyamos las mismas cualidades que a López. El personal debe tratarse individualmente. Hasta entre mellizos hay diferencias. Sobre todo no debe desestimarse nunca la capacidad mental de las personas que nos rodean. Según Darwin: «Hay más hombres inteligentes de lo que creemos, sólo que les falta esa especie de entusiasmo que es tan difícil de definir.» Es conveniente que no se olvide que no se puede juzgar a nadie en unos minutos. La misión del mando es averiguar lo que es cada uno.

La segunda parte se refiere al método de resolver un problema cualquiera. La preparación es igualmente práctica y tiene como paso preliminar la elección de una sola cuestión básica, a la que se le aplican los cuatro pasos sucesivamente, hasta dejarla resuelta. Por el solo hecho de definir la cuestión claramente y de plantearla en forma debida, se da un gran avance hacia la solución.

Este sistema está dando lugar a una forma más eficaz de dirigir el personal.

Lo que todos deseamos es elevar la producción, mantener al productor satisfecho y ganar la confianza de nuestros hombres. Si cualquier acción diera un resultado negativo en alguno de estos tres aspectos, el problema estaría sin resolver, pues está probado que sólo se puede mantener la producción cuando se conservan la confianza y la satisfacción del personal. La acción para recrear el «ego», para demostrar quién es el amo, solamente empeora las cosas y eleva el resentimiento. Tal acción es imposible si se siguen los pasos comprendidos en este programa y solamente en un caso de extremada testarudez o intransigencia debe recurrirse a aquel tipo de acción como único recurso para mantener la disciplina. Llevando las cosas con inteligencia es probable que no sea necesario recurrir nunca a estos extremos.

Una vez que se ha delimitado y planteado concretamente la cuestión, se procede a registrar los hechos, pacientemente, sin precipitar conclusión alguna. En la busca de los «hechos» es fundamental dejar hablar a los demás. Ellos tienen muchas veces esos hechos que nosotros necesitamos. En cuanto dejen de hablar, dejaremos de recibir esa información tan valiosa. No es cuestión aquí de rebatir ni tampoco de afirmar. Es más prudente reservarse el juicio hasta el momento oportuno, siguiendo los pasos del programa. Pongámonos mentalmente en la posición de los demás; ayuda a encontrar la solución óptima.

No podemos decir que el sistema sea infalible, pero sí que la probabilidad de equivocarse es mucho menor. Este sistema conduce a una aproximación humana, que es la que produce los mejores rendimientos prácticos.

CURSO DE INSTRUCCIÓN EN EL TRABAJO.

La última guerra mundial planteó un gran problema a la industria de los EE. UU. Con ella surgieron miles de instalaciones para la industria de guerra, a la que hubieron de incorporarse no sólo el personal de otras industrias que desconociese su nuevo trabajo, sino gente completamente ajena a la industria, que, en muchos casos, jamás habían realizado siquiera ningún trabajo manual. Las instalaciones antiguas empezaron asimismo a despoblarse con las movilizaciones y sus puestos habían de cubrirse no sólo con inexpertos, sino ¡hasta con mujeres...!

Este problema quedó resuelto con la educación de los encargados y maestros en el curso de «Instrucción en el Trabajo». Naturalmente, no se podía aspirar a instruirles con todo un curso de Pedagogía. Este curso, al igual que los otros dos del TWI, reune las mismas características de sencillez. Su acción es asimismo educativa. Vista su utilidad ha seguido empleándose después de terminada la guerra y se extiende continuamente.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Aunque los encargados y maestros tengan una gran experiencia de trabajo, no siempre tienen la habilidad de saber extender sus conocimientos a los demás. Son muchos los encargados que han reconocido: «Yo creía que muchos hombres eran incapaces de aprender. Ahora sé que yo no supe enseñarles.» Esta es la filosofía fundamentel de este curso: *"Si el productor no ha aprendido, el instructor no ha enseñado."*

Se instruye diciendo, mostrando, observando, dependiendo del productor para ayudarlo. Este curso se desarrolla para dar asistencia intensiva al encargado, de forma que eduque esta habilidad. Con la educación en este curso se ha venido abajo en muchos sitios la vieja idea de no admitir más que personal especializado, cuando se posee un cuerpo de maestros y encargados resueltos y confiados en su habilidad para instruir.

Tanto aquí como en la instrucción del productor, el plan se desarrolla con el lema de «aprender haciendo». Con esto no sólo se reduce lo que siempre representa la instrucción para el coste total, sino que es el único medio eficaz de llevar a cabo el adiestramiento. Este principio de «aprender haciendo» es algo viejo ya. Varios siglos antes de Cristo ya había dicho Sófocles poco más o menos: «Se debe aprender haciendo la cosa; pues aunque uno crea que lo sabe no es así ciertamente mientras no lo compruebe haciéndolo.»

Aunque aquí tenemos mucho adelantado con el sistema actual de las Escuelas de Aprendices, no cabe duda de que este sistema podría representar una mejora en cuanto al tiempo que se requiere para obtener un operario experto. Pero, además, debemos tener en cuenta que la instrucción no termina en la escuela y con este curso se beneficia la seguridad y la rapidez. La instrucción debe ser continua y adecuada para lograr la máxima perfección posible en los trabajos, evitando las falsas interpretaciones, errores, repeticiones, accidentes, etc.

A mucha gente se les habla de lo que tienen que hacer, pero, ¿cuántos comprenden lo que se les quiere decir?

Esta educación es un proceso multiplicante extendiendo el «saber hacer» de uno a los demás. Nadie puede ignorar este servicio útil. Aprender por «accidente» o por «casualidad» es sólo una esperanza y representa una carga importante contra toda dirección efectiva. Es un procedimiento caro de desarrollar una fuerza de trabajo.

El proceso educativo es análogo al del curso anterior. La tarjeta programa es como sigue:

En una de las caras se dan los principios fundamentales para estar en condiciones de instruir. Dice así:

CÓMO ESTAR EN CONDICIONES DE INSTRUIR

Elaborar una tabla de tiempos.

Lo que se espera que haga para tal fecha.

Desmenuzar la tarea.

Enumerar los pasos más importantes.

Elegir los puntos fundamentales. (La seguridad siempre es uno de ellos.)

Tener todo preparado.

Equipo adecuado, materiales y suministros.

Tener el lugar de trabajo debidamente dispuesto.

Tal como se espera que el productor lo mantenga.

Educación en la Instrucción en el trabajo.

MANTENGA ESTA TARJETA A MANO

Por la otra cara dice así:

CÓMO INSTRUIR

PASO 1.º

Preparar al productor.

Facilitar su comodidad. (Evitar complejos.)

Definir la tarea y ver lo que sabe ya de ella.

Despertar su interés en el asunto.

Colocarlo en la posición conveniente.

PASO 2.º

Presentar la operación:

Decir, mostrar e ilustrar un solo paso importante.

Recalcar los puntos básicos.

Instruir claramente, completamente y pacientemente, pero no más de lo que puede asimilar.

PASO 3.º

Probar a que lo haga.

Dejarle hacer el trabajo; corregir errores.

Pedirle que explique cada punto básico realizando de nuevo la tarea.

Asegurarse de que lo entiende.

Continuar hasta que usted sepa que él sabe.

PASO 4.º

Comprobar.

Colocarlo en su puesto. Designar a quién ha de ayudar.

Comprobar frecuentemente, alentar las preguntas.

Reducir la instrucción complementaria y terminar.

SI EL PRODUCTOR NO HA APRENDIDO, EL INSTRUCTOR NO HA ENSEÑADO

En Copenhague tuve el gusto de asistir a uno de los cursos de instrucción que se estaba desarrollando en una empresa industrial de gran importancia. Alrededor de una mesa había sentadas ocho personas que en este caso se trataba exclusivamente de maestros y encargados. El curso lo inició el subdirector de producción de la empresa, haciendo un pequeño resumen de la aplicación del sistema en otros países, de la importancia del mismo y de la necesidad de que se lo tomasen con el máximo interés para lograr los mejores efectos. Terminó dejando unos cigarrillos sobre la mesa y deseándoles el mejor aprovechamiento en el curso.

El preparador (en este caso el ingeniero de «Planning» se sienta a la cabeza de la mesa y empieza diciendo a todos que se instalen lo más cómodamente posible, y, dando el ejemplo, se quita la americana y enciende un cigarrillo. A continuación, to-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

dos hacen aproximadamente lo mismo. Todo esto que les cuento, aparentemente fuera de lugar, tiene su objeto y se realiza premeditadamente para llevar a la práctica el primer punto de cómo instruir.

Hay muchas personas que en presencia de un superior, e incluso en presencia de otras gentes, quedan dominadas por un complejo que les impide utilizar sus facultades para pensar. Como en estos cursos se persigue la formación del personal y para ello es necesario que piensen por sí mismos, se trata por todos los medios de eliminar en lo posible esos complejos. Con este fin es importante que se encuentren cómodamente. La pausa inicial, con una ligera conversación general, el hecho de que estén fumando, etcétera, son los medios para conseguir lo que se propone.

A continuación, por indicación del preparador, anota cada uno de ellos su nombre y su cargo en una hoja de papel, que doblada en caballete, la colocan delante de sí. De este modo, el preparador puede ver rápidamente el nombre de cada uno de ellos y hacerle intervenir en la discusión llamándole por su nombre.

Así continúa el curso que se va desarrollando paulatinamente con ejemplos prácticos, en los que hace intervenir a los educandos hasta asegurarse de que lo han asimilado. En estos esfuerzos el preparador procura hacer resaltar la diferencia entre una buena instrucción y la mala, exagerando si es preciso y ayudando con gestos a la palabra. Recuerdo un ejemplo en que propone la ejecución de un nudo:

Primeramente el instructor refiere exclusivamente de palabra la ejecución completa del nudo. Solicita el concurso de uno de los hombres que parece el más despejado. Este, con gran sensatez, renuncia de antemano a realizarlo. Naturalmente, hablando solamente, no es forma de instruir. A continuación, el instructor toma un cordón con el que, sin decir una palabra, ejecuta limpiamente el nudo. Sale otro de los educandos que intenta el nudo sin lograrlo. Seguidamente, aclara el instructor, éste tampoco es un buen método de instruir, y entonces explica diciendo, y haciendo al tiempo, en la forma correcta en que se debe instruir. El hombre que sale ahora lo realiza limpiamente, sin titubear. No cabe ninguna duda del tiempo que se gana.

MÉTODOS DE TRABAJO

De un modo análogo a los anteriores, se desarrolla el curso referente a los métodos de trabajo. El contenido de la tarjeta correspondiente es el siguiente.

Por una de las caras:

CÓMO MEJORAR LOS MÉTODOS DE TRABAJO

Plan práctico para ayudarle a uster a producir *Mayor cantidad* de *productos de calidad* con el *tiempo mínimo*, efectuando un uso mejor del potencial humano, máquinas y materiales de que usted dispone en la actualidad.

PASO 1.º *Despiece del trabajo.*

1. Anotar todos los detalles del trabajo que se realiza en la actualidad, con toda exactitud.
2. Asegurarse de que se incluyen todos los detalles siguientes:

   Movimientos del material.
   Trabajo de las máquinas.
   Trabajos manuales.

PASO 2.º *Interrogar cada detalle.*

1. Utilizar las siguientes preguntas:

   ¿POR QUÉ es necesario?
   ¿CUÁL es el propósito?
   ¿DÓNDE ha de hacerse?
   ¿CUÁNDO?
   ¿QUIÉN es el más indicado para hacerlo?
   ¿CÓMO se ha de hacer?

2. Interrogar también:

   Los materiales, máquinas, equipos, herramientas. Producto, proyecto, trazado, lugar de trabajo, seguridad, almacenamiento.

Por la otra cara continúa con la exposición del mismo método. Dice así:

PASO 3.º *Desarrollar el nuevo método.*

1. *Eliminar lo necesario.*
2. *Combinar los detalles que convenga.*
3. *Ordenar de nuevo de una forma más conveniente.*
4. *Simplificar todo lo que se preste.*

Para hacer el trabajo más fácil y seguro:

Colocación de antemano de materiales, herramientas y equipo en los sitios más adecuados dentro del área de trabajo.
Utilizar todas las posibilidades de la gravedad.
Dejar ambas manos útiles para el trabajo.
Utilizar accesorios en lugar de las manos para sostener las piezas mientras se trabaja.

5. Discutir la idea con los demás.
6. Escribir el nuevo método propuesto.

PASO 4.º *Aplicar el nuevo método.*

1. Decir el propósito al superior.
2. Explicar el nuevo método al personal.
3. Obtener la aprobación final en todo lo referente a Seguridad, Calidad, Cantidad y Coste.
4. Llevar el nuevo método a la práctica.

Utilizarlo hasta encontrar otro mejor.

5. Alabar siempre a quien lo merezca.

«La forma conveniente de hacer algo es un arte. La buena dirección es el arte de saber exactamente lo que uno quiere del personal, y entonces tratar de que lo hagan de la forma más sencilla y más segura, que es la mejor.»

Para hacer algo bien es necesario, en primer lugar, saber definidamente lo que se tiene que hacer. La obtención de esta información exacta requiere la medida. Por tanto, nuestro primer paso será medir el gasto de tiempo, de materiales y energía desarrollado en cualquier método antiguo, si queremos mejorarlo.

No se podrá avanzar con seguridad hasta que se utilice la medida. Este es el primer paso del programa: Despiece del traba-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

jo. Cada detalle puede ser una operación, inspección, transporte o estacionamiento. Es necesario desarrollarlo al máximo detalle con buen juicio y sentido común.

El segundo paso no es más que una forma de adoptar la posición científica. Un interrogatorio sincero es el arma más eficaz de que disponemos para mejorar cualquier cosa.

La sagacidad de Rudyard Kipling supo acertar a expresar en unos versos la utilidad que puede reportar este tipo de interrogatorio. Estos versos traducidos libremente podrían ser así:

«Seis fieles servidores tomé
que me enseñaron cuanto sé.
Sus nombres eran *qué*, *dónde* y *quién*,
cuándo, *cómo* y *por qué*.»

El resto del método es tan elocuente que se explica por sí mismo.

La educación en los métodos de trabajo es una especie de curso de dirección científica expuesto de una forma, que está al alcance de todas las inteligencias. Es una respuesta al detalle y la experiencia ha demostrado que es una respuesta real.

Se suele exponer aplicándolo a un ejemplo. Con un poco de habilidad en el preparador llega a interesar profundamente a los asistentes al curso, resolviéndoles problemas propios y despertando en ellos el entusiasmo.

Para su realización práctica sólo necesita un deseo sincero de mejorar por parte de todos. Dicen que el entendimiento es como un paracaídas. Para que funcione sólo hay que abrirlo. Esto es lo único que se pide aquí; que todos abran su entendimiento.

El mayor obstáculo no lo crean las dificultades técnicas, sino la actitud mental de aquellos que creen que están utilizando métodos inmejorables.

Mr. Harry Myers, director de Personal de una de las secciones de la General Motors, ha dicho: «En cuanto diga que un método no se puede mejorar, usted está de más; no importa lo que usted sepa, aunque sea un técnico. Cualquiera que no sepa nada, pero pensando que puede hacerse, será un hombre más útil para el trabajo que usted.»

Nuestro deber es mejorar continuamente, y si alguna vez creemos alcanzado el límite de las mejoras sería como un tren que entrase en vía muerta.

Señores: Esto no es ningún idealismo ni ninguna simpleza.

Los principios de este método son eficaces a causa de su sencillez. Una vez que el personal se ha educado bajo estos programas, podrá utilizar la habilidad adquirida no sólo en cualquier industria u oficina, sino hasta en los propios hogares, y el rendimiento práctico que con ello se obtenga puede ser inmenso. Pero si alguien duda de la realización práctica de este sistema, podemos decir que los Estados Unidos gastaron seis millones de dólares en las actividades del TWI. Al extender el método sólo en sus arsenales se ahorraron treinta millones de dólares en un año.

La transformación que la educación del personal en este sistema produce en las empresas es radical. Son muchísimos los encargados que después de haber asistido a los cursos se encuentran como si vieran la luz por primera vez y empiezan a comprender muchas cosas que antes no habían visto. Se les pide que piensen y esto ahorra muchas energías. Por el sistema antiguo hay miles de pensamientos que mueren envueltos en naftalina. Es más, molestan las ideas porque todo cambio es molestia que eludimos inconscientemente. Lo antiguo es lo más cómodo. Con este sistema las ideas suben y flotan y todos procuran superarse porque una vez implantado, si la dirección alta lo toma con interés, será degradante para el encargado, en cuya sección florezcan menos ideas.

Esto, señores, es la esencia del avance de la dirección científica desde los días de Frederik W. Taylor. Dirigir es manejar gente y no cosas. Las personas no son manos, sino seres humanos, y hay que comprenderlos para que desaparezcan las dificultades. Los viejos conceptos sobre el rendimiento del personal son sólo verdad a medias.

Es curioso cómo se ha llegado a este plan humanizante de la industria partiendo de lo menos humano de la misma: la producción a secas.

Como ingeniero, veo en estos sistemas una esperanza: La de ingeniero en España es quizá una de las profesiones que pide más vocación. Nuestras escuelas colaboran a ello. En una gran parte todos salimos de ellas con gran entusiasmo. Si consideramos la edad del individuo por su fe, por su entusiasmo en progresar, podríamos decir que se sale joven. La realidad, las dificultades se encargan de hacerle envejecer a uno rápidamente. Se pierde ese entusiasmo que es el único capaz de hacer progresar. Este sistema no es más que un medio de ordenar nuestra energía, de forma que toda ella sea eficaz. Que ningún esfuerzo anule al otro. ¡Cuántas mejoras se habrán perdido por falta de presentación!... Ahora, sólo con ganar, la presentación obliga a la acción. Por eso es una esperanza, porque es la fórmula para permanecer siempre jóvenes, aunque se llegue a los cien años.

Se podrá decir que las dificultades actuales impiden toda organización. Nada más lejos de la realidad. Las dificultades exigen, precisamente, una organización más rigurosa y una dirección más acertada. Sólo es imposible evitar la muerte. En la historia hubo muchas cosas que eran imposibles, y que luego las hemos visto convertidas en realidad. El mismo Edison llegó a escribir algo demostrando la imposibilidad de que volase el avión. Una semana después volaban los Wrigth.

Si realmente deseamos nuestro progreso y aceptamos los cambios que lo hacen posible, probablemente estaremos en la minoría. Pocos quieren pagar el precio de este progreso y a estos pocos es a quienes todo se lo debe la Humanidad.

Pero como siempre hay quien titubea, hombres faltos de fe y de confianza en sí mismos y en los demás, para éstos vencidos antes de luchar, y para aquéllos que todo lo consideran como idealismos irrealizables, terminaré con las palabras de Henry Ford, a quien no creo que nadie pueda achacar juventud, inexperiencia, idealismo ni insensatez: «Los hombres que busco son aquéllos que posean una capacidad infinita para ignorar lo que no se puede hacer.»

Y ahora, señores, ustedes tienen la palabra.

Mayo 1950.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO.

BIBLIOGRAFIA

Influencing and Meassuring Employee Attitudes. 1947.
Manual of Employment Interviewing. 1947.
JAMES O. RICE, M. J. BOOKERS. Editors: *The Management Leader's Manual for operating Executives. Supervisors and Foremen.*
Checking the Effectiveness of Employee Comunication. 1947.

Del National Foremen's Institute de Inglaterra:

Núm. 7.—«Conference Leader Training».
Núm. 11.—«How to teach a job».
Núm. 13.—«Job asfety training».
Núm. 15.—«How to select Foremen and Supervisors».
«And Conference Leader's Source Book».

De la American Managements Association, New York.

Series personal: núm. 121.—«Personel Functions and the Line Organisation».
Series General Management: núm. 134.—«Company Development and Top Management Planning».
«The Management Leader's Manual».

VIII Congress of scientific Management, Stockholm, 1947.

G. EKELÖF: «Arbetsledning».
S. CHASE: «Men at Work». N. Y., 1945.
MAY SMOTH: «An introduction to Industrial Psychology». London.
Ingenioren, 16/4. 1949. S. GRABE.
Teknisk Tidsskrift, núm. 47. 1949. S. GRABE.
Norges Industri. núm. 2. 1949. E. OLSSON.
TWI Topics (inglés). «Ministry of Labour».
TWI Letters (americano). «TWI Foundation».
Det Bedste, mayo 1949.

El señor Menéndez Magdalena acepta el pensamiento que anima al anterior trabajo, que califica de muy completo. y dice que la divulgación de los principios que en él se sostienen debe hacerse por medio de cursillos en las Escuelas, más siempre tomando en cuenta en sus aplicaciones la psicología del trabajador español.

El autor del trabajo, señor Chorro, interviene para decir que podrían, para mayor facilidad, darse esos cursos en el Instituto de Racionalización del Trabajo, y cree podría seguirse, asimismo, de modo preferente, el ejemplo de Dinamarca, que destacó personas para que se formaran en el extranjero y se prepararan luego, la de otros en su país. Asimismo, dice que, para los cursos de simplificación de trabajo, cree conveniente publicar folletos adecuados.

El señor De Buen manifiesta que dada su extraordinaria importancia, la realización de los cursillos propuestos por el señor Chorro constituyen una parte de lo que debe realizarse en España para la mejora del rendimiento laboral, por lo que el Congreso debe abordar en sus conclusiones el tema con un carácter más general.

A continuación se lee una propuesta de los ponentes del trabajo número 237, titulado DOTACIÓN DE MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS A LA INDUSTRIA EN SUS ASPECTOS MINERO, FABRIL Y AGRICOLA, en el sentido de que por corresponder al tema desarrollado que ha de estudiarse en la sección V de este grupo pase a ésta, y así se acuerda.

Por no estar presente el autor del trabajo que a continuación se reproduce, se lee su resumen. Este trabajo es el siguiente:

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

N.º 198. - La eficiencia del factor humano

Autor: D. ANTIDIO LAYRET FOIX
Ingeniero Industrial

1.—EL PROBLEMA

Permitidme el atrevimiento de presentar unas notas para exponer mi opinión sobre la importancia del factor humano en el rendimiento y nuestro deber, como ingenieros, en contribuir a la pacificación de los espíritus, tan alterados en la actualidad; problema de dificultad tal, que hace que muchos, asustados ante la magnitud de la lucha, la admiten como una fatalidad contra la cual no se puede actuar. No obstante, por dificultades que tenga la solución del problema, como la vida transcurre sin interrupción y los acontecimientos se presentan inexorablemente, debemos actuar, pues el no hacerlo no deja de ser también una actitud, la peor de todas, que anula nuestro atributo más elevado: la inteligencia. Por esta razón me decido a exponer algunas consideraciones, que aunque vulgares, como mías, muchas veces se olvidan o quedan obscurecidas, por apartarse de la realidad de los problemas y confundir lo que debería ser con lo que puede ser. *No siempre querer es poder.*

No voy a exponeros nada nuevo, sólo quiero recordaros algunas facetas del problema, ya que probablemente vuestra ocupación profesional, vuestro amor al estudio de la mecánica, de la química o de la electricidad os habrán impedido dedicar algunas horas libres a meditar sobre el alma humana y, especialmente, sobre la psicología de las masas. No obstante, todo ello tiene una importancia grande en el rendimiento, pues en último resultado, por mecanizadas que estén las industrias, el factor hombre es de una importancia capital y el aumento de mecanización no nos ha de llevar a la anulación del alma humana, no debemos llegar *al robot*, el hombre mecánico, pues aquel día desaparecería la Humanidad en lo que tiene de espiritual. Debemos aumentar la mecanización para elevar al hombre, no para materializarlo, y ese aspecto del problema no debe olvidarlo nunca el ingeniero al estudiar los problemas de eficiencia.

Existen muchos, y no sin algún fundamento, que achacan gran parte de la crisis social y moral que atravesamos al exceso de mecanización, que al concentrar grandes masas en las ciudades industriales, ha producido el fenómeno del culto a lo colosal y a la masificación, como lo designa Röpke, ya denunciado hace años por nuestro filósofo Ortega y Gasset en su sugestiva obra «La rebelión de las masas». Interesa, por tanto, al ingeniero resolver el problema de la mecanización, que es, sin duda, el único camino posible para elevar el nivel de vida a que todos aspiramos, cuidando de no contribuir a agravar ese malestar social, tan peligroso, que puede incluso producir la quiebra de nuestra civilización occidental, si no acertamos a resolverlo. El ingeniero para hacerlo, o mejor, para colaborar en su realización, no debe sólo actuar por sus aficiones y especialización, sino que ha de escuchar también la voz de los pensadores de otros campos de conocimientos; un exceso de especialización muchas veces ofusca el raciocinio y sólo conduce a soluciones parciales. Así, pues, debe sentarse el principio de que el ingeniero siempre ha de considerar la eficiencia, no sólo desde el punto de vista industrial y económico, sino también en su aspecto social y humano.

2.—LA UNIDAD DE MEDIDA

Ante todo debemos elegir una unidad de medida con la cual valorar la eficiencia del hombre. No puede conocerse un fenómeno si no se dispone de una unidad de medida. El problema es más difícil de lo que a primera impresión parece; una unidad de medida debe ser homogénea con las magnitudes que se miden; por tanto, en nuestro caso, tratándose de medir eficiencias, debe establecerse dicha homogeneidad y al ser la eficiencia la producción por unidad de tiempo, la unidad de medida deberá ser una unidad derivada de las unidades de producción y de tiempo. Ahora bien, respecto la unidad de tiempo no hay dificultad, pero, ¿puede decirse lo mismo en cuanto la unidad de producción se refiere? Evidentemente no. Hoy trabajos que pueden valorarse a peso, otros a metros, otros por número de piezas; en cambio otros no son ponderables y sólo pueden medirse por su importe en pesetas, con todas las dificultades de su exacta determinación, o por su comparación con un programa fijado previamente, pero en este último caso sólo podrá establecerse la producción en forma de números índices o porcentajes.

El problema se complica aún más si consideramos que la producción no sólo depende del factor hombre, cuya actividad nos proponemos medir, sino de otros factores importantísimos que se mezclan con aquél, como son el grado de mecanización, la clase de herramental y máquinas de que disponemos, las materias primas que utilizamos, etc., todo lo cual hace que el valor de la

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

producción por unidad de tiempo puede ser la misma y, en cambio, muy diferente la actividad desarrollada por el hombre.

Lo más corriente es tomar por índice de la eficiencia la producción por hombre-hora, o sea, el cociente de dividir la producción por el número total de horas trabajadas (hombres por horas de trabajo). Cuando la producción se mide por peso o por unidades ponderables se obtiene un valor kilogramos o piezas por hombre-hora que es bastante comparable desde un punto de vista económico como valor de la productividad, aun tratándose de la comparación entre empresas o naciones distintas. Ahora bien, su valor disminuye en nuestro caso, cuando se trata de tomarlo como unidad de medida de la eficiencia humana, por ser muy diversas las condiciones de trabajo en las distintas empresas. No obstante, como es el único medio que existe es el generalmente empleado, pero no debe olvidarse la relatividad de la medida al variar los medios de producción que sólo hace posible su empleo para medir la eficiencia del hombre dentro de la misma empresa siempre que no varíen las circunstancias, pero resulta absurdo emplearlo para comparar eficiencias del factor humano entre empresas o naciones distintas. Podemos afirmar que la productividad de un fundidor americano es mayor que la de un español, pero no podemos decir que la eficiencia del factor hombre fundidor americano sea superior a la del español, si lo decimos será por impresión, por criterio subjetivo, pero no por el resultado de dividir las respectivas producciones por el número de horas, que, evidentemente, arrojará un valor muy superior la productividad americana, pero las condiciones de producción son muy diferentes, los resultados, como hemos indicado, tendrán un valor económico, pero no social.

Un ejemplo como aclaración; sea una producción de diez kilogramos por hora y obrero en un trabajo de fundición y en otro período la producción se supone ha bajado a ocho kilogramos por hora. Puede ocurrir que en este segundo caso los obreros hayan trabajado con mayor actividad, no obstante resultar una producción menor, por tratarse de piezas de mayor dificultad de moldeo o de menor peso.

Si difícil es hallar una unidad de medida para la eficiencia del factor humano en el caso de producciones ponderables, el problema se hace casi insoluble cuando se trata de producciones que no son homogéneas y no existe una unidad ponderable de producción, tal es el caso de una sección de mecanizado de piezas varias. En estos casos el mejor método de valoración es el porcentaje medio de beneficio alcanzado en las primas, pero ello exige que los tiempos establecidos estén calculados por procedimientos científicos, pues de lo contrario el valor de la unidad de comparación es muy relativo. Evidentemente, en este caso no pueden establecerse comparaciones entre empresas, por ser los métodos de cálculo muy diversos, ni aun entre departamentos de la propia empresa, por ser los trabajos de índole muy distinta.

Como resumen podremos decir que siempre que quiera compararse eficiencias deben tomarse muchas precauciones para asegurarse de que se opera sobre datos homogéneos, por lo que debe irse con mucho cuidado al sacar consecuencias. La dificultad del problema hace que muchas veces tenga que juzgarse por impresión, lo que exige un claro juicio en las personas que tengan que valerse de los datos.

3—FACTORES DE LA PRODUCCIÓN

Pasando ya a estudiar los factores que intervienen en la formación de la producción los podremos agrupar en cuatro grupos: herramental, organización, actividad y ambiente. Evidentemente, según las máquinas de que dispongamos se podrá obtener mayor o menor producción y lo propio puede decirse de las herramientas y accesorios para los montajes de que dispongamos, y aunque no me propongo estudiar su influencia en la productividad no puedo prescindir de hacer constar que debe buscarse un equilibrio entre los distintos elementos de que dispongamos. Así, si tenemos que emplear un viejo torno no utilizaremos herramientas de carburos sinterizados que exigen grandes velocidades, no sólo para resultar económicas, sino también para trabajar en buenas condiciones; dichos útiles exigen máquinas robustas y modernas, proyectadas ya para su empleo. Además deberá siempre calcularse a conciencia el costo de la operación, no olvidando ningún factor que intervenga en él.

Cosa parecida podremos decir de los problemas de organización. Esta tiene por misión aumentar la eficiencia y esto es sumamente importante, aunque muchas veces parece olvidarse, pues hay organizadores que cometen el pecado de *hiperorganización*. La organización debe también contabilizarse; un exceso de organización puede encarecer en lugar de abaratar una fabricación. El organizador debe saber hasta dónde puede llegar el punto justo para abaratar la producción, evitando despilfarros de máquinas, de materiales, de tiempo y hasta, aunque parece paradójico, de organización. Si el tiempo que se ahorra en el taller se aumenta en la oficina con creces, el sistema de organización es malo. Evidentemente, la organización ha de aumentar el porcentaje de personal técnico-administrativo respecto el total, pero éste debe disminuir para igual producción o aumentar ésta con el mismo personal. Entiéndanse esas comparaciones en pesetas-hora por unidad de producción, más que en número absoluto de personas ocupadas.

4.—EFICIENCIA DEL FACTOR HUMANO

4.1. *Actividades del hombre.*—El tercer factor en la producción es la actividad desarrollada por el hombre; la misma organización no dará resultados iguales con distintos obreros, la actividad que éstos despliegan es de capital importancia. Por esta razón debe ponerse especial cuidado en conseguir el máximo de actividad, y aquí está el problema con sus dificultades, pues deben encontrarse métodos que estimulen aquélla sin perjudicar la salud del individuo y lo que es difícil sin mecanizarlo hasta llegar a perder su espiritualidad y con ella su personalidad, pero logrando la obediencia, sin producir injusticias que creen un estado social morboso, métodos, en fin, que fomenten el espíritu de cooperación entre todos los elementos que intervienen en la producción. Todo ello es difícil de lograr, como ya se ha indicado, por existir muchas condiciones antagónicas; pedimos cooperación y actuamos sobre la ambición, pues no son otra cosa los métodos estimulantes, pedimos espiritualidad y tenemos que exigir ciega obediencia, pedimos no mecanizar al obrero y le fijamos todos los detalles de su trabajo. Evidentemente todo ello es cierto y es en lo que se apoyan los detractores de la organización científica, pero los ingenieros debemos pensar siempre en ello y proponer remedio a

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

esos males en lo posible, estableciendo métodos que paralelamente creen un ambiente que los contrarreste.

Esta antinomia en la actividad industrial puede parecer descorazonadora, pero, en realidad, se presenta siempre en todos los problemas de la vida y, por consiguiente, claro está, se presenta también en los de organización y no debe ser ello motivo para su descrédito, porque nace de la propia naturaleza del hombre. Éste obra siempre movido por dos sentimientos opuestos, el afan de dominio y el sentimiento de comunidad. Sin aquél la humanidad no avanzaría, el niño no aprendería a vencer las resistencias que le aprisionan: es el motor de la civilización. Sin el segundo el hombre desaparecería sepultado por sus luchas salvajes, moriría toda cultura. El justo equilibrio es lo que debe buscarse, los distintos tipos de carácter no son más que relaciones diversas entre estos dos sentimientos.

Así, pues, lo mismo debe hacerse en los problemas de organización: equilibrar el estímulo, que desarrolla el afán de dominio, con el sentimiento de comunidad. Para estimular el sentimiento de cooperación debe cuidarse del ambiente. Puede establecerse concurso de ideas, procurando aceptar algunas aunque no sean perfectas, asimismo deben escucharse siempre las opiniones de los que ejecutan el trabajo. Para exigir obediencia se procurará inculcar la idea de que es por disciplina por lo que exigimos obediencia y no por afán de mando, sino para el bien de la comunidad de productores, predicando con el ejemplo. Para disminuir los efectos de mecanización del obrero servirán los concursos de ideas que hemos indicado, pues avivan la inteligencia. Paralelamente se organizarán deportes, conciertos, conferencias culturales, fiestas, etc., que además de ser obra cultural despierta el espíritu de sociabilidad.

4.2. *El salario.*—Aclarado lo que antecede pasemos a discutir los métodos de estímulo. El ingeniero para estimular sólo puede actuar sobre el salario que percibe el productor, por lo que es conveniente analizar lo que representa. En el proceso de la producción interviene, constituyendo los llamados factores de la producción: tierra, capital, trabajo y relaciones; por consiguiente, el problema estará *en el cómo* y *en el qué* cantidad deben repartirse dichos factores en la riqueza creada con el producto. Es evidente que lo único que constituye riqueza real es el producto fabricado; por consiguiente, entre los distintos factores de la producción no se podrá distribuir un valor superior al de la riqueza creada. Podrá ésta distribuirse de diversas maneras y las distintas teorías económicas intentan explicar por qué medios se distribuye, pero hoy se va imponiendo el criterio de que no son sólo razones económicas las que fijan la distribución, sino que consideraciones de orden moral y político hacen variarla; así vemos leyes que fijan jornales mínimos y prohiben beneficios extraordinarios a las empresas y otras disposiciones que demuestran y ponen de manifiesto que las teorías pesimistas sobre la formación de salarios de las antiguas doctrinas económicas dejan de ser ciertas y que la idea de *salario justo*, ya expuesta en la Encíclica «Rerum Novarum» del Pontífice León XIII y en las peticiones obreras de todos los tiempos, se abre paso en todas las ideologías y que sólo varía el concepto de lo que debe entenderse por salario justo.

Sentado, pues, que hemos de actuar sobre el salario y debiendo ser éste justo, veamos cómo podremos orientarnos. El salario tiene dos aspectos, según lo consideremos como factor de la producción, como precio del trabajo o como único medio que tiene el productor para vivir y satisfacer sus necesidades. En el primer aspecto cada productor no interviene por igual en el proceso de la producción, por ser distintas sus cualidades personales (fuerza, inteligencia, habilidad, actividad) y sus preparaciones técnica y laboral, que hace que deba establecerse una graduación de salarios según su categoría profesional y su jerarquía dentro de la organización. En el segundo aspecto también son distintas las necesidades (soltero, casado, con hijos menores), que nada tienen que ver con el proceso de la producción, pero que, por un principio moral y justo, deben ser cubiertas las indicadas necesidades. Ahora bien, como todo debe pagarse con la riqueza creada por la producción, de ésta debemos echar mano para pagar aquellas necesidades, y téngase presente que, aunque queramos desentendernos de ese deber y digamos que es el Estado el que debe acudir en su ayuda, en el fondo también será la producción la que lo pagará, pues aquél multiplicará los impuestos para crear los mencionados servicios, con el agravante de que si los asume el Estado resultarán probablemente más caros.

Así, pues, tenemos dos salarios-base: uno, que se contabilizará directamente como costo de producción, y otro, que intervendrá indirectamente en el coste como una carga social, para cubrir los pluses de cargas familiares, viudedades, jubilaciones, etc., y es conveniente que este plus se vaya organizando y extendiendo en forma que queden bien delimitadas las funciones de cada parte del salario.

Ahora bien, el jornal base como precio del servicio que presta el productor en el proceso de fabricación no es simple, sino que debe componerse de dos partes: una fija, dependiente de su jerarquía en la empresa, habilidad profesional, antigüedad, y otra variable, según la actividad desarrollada. Podrían formularse algunas objeciones, y algunos las hacen, a esta división, pues dicen que si un poductor no desarrolla más actividad es que su naturaleza, su falta de salud o de aptitudes no se lo permiten y así podría y debería admitirse si todos los productores fuesen conscientes de su deber, pero es evidente que si bien en parte es cierta la objeción, la mayoría de las veces la falta de actividad se debe a pereza y mala voluntad; así, debemos de dejarnos de utopías y premiar por separado el grado de actividad. Otra duda que puede plantearse es si la antigüedad debe considerarse como jornal-base o como carga social; en mi concepto debe formar parte del jornal-base, ya que es evidente que a igualdad de condiciones intrínsecas, el productor más antiguo tiene una experiencia que le da más facilidad en el trabajo, además de conocer mejor los hábitos establecidos en la empresa; es una valoración y no una carga social.

4.3. *El estímulo.*—Analizamos ahora el modo de premiar y estimular el desarrollo de actividad, que permitirá el aumento de eficiencia y, por consiguiente, el abaratamiento del producto fabricado. Muchos métodos se han ideado y es difícil afirmar cuál es el mejor, pues es cuestión que se debe decidir en cada caso particular. No vamos a detallar los diversos métodos, de sobra conocidos por todos, pero sí intentaré una clasificación. Omitiré, por no creerlo justo, el procedimiento más antiguo del trabajo a destajo, que no presenta en su favor más que la facilidad de contabilización, aunque esté muy extendido en el extranjero y

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

en ciertas industrias nacionales. El procedimiento no es justo por no tener en cuenta ninguno de los factores que hemos dicho debían constituir el salario-base (habilidad, jerarquía, conocimientos laborales), asimismo no tiene en cuenta el factor tiempo; igual se paga por una pieza fabricada en un minuto, que si se ha fabricado en una hora y el tiempo ejerce una gran influencia en el coste, pues su disminución es lo que contribuye precisamente a la productividad y como consecuencia a la disminución del coste. Se dirá que las tarifas se fijan ya para que resulte un salario justo en un tiempo determinado, pero aunque así sea se hace para un promedio, pero el coste contabilizado por pieza es el mismo, independientemente del tiempo, lo que es un error contable. Por otra padte, es tal el número de injusticias y atropellos que se han cometido en su aplicación que su solo nombre es muy mal recibido entre las masas obreras, por lo menos en Cataluña. Modernamente en casi todos los países, para evitar abusos patronales, existen disposiciones legales, en las que se establece que el obrero debe tener asegurado el jornal mínimo legal, pero entonces deja de existir el principio básico del trabajo a destajo y se convierte en un trabajo a prima especial; un sistema más.

Admitiendo el trabajo a prima como el más adecuado, o sea, el formado por un salario fijo y una bonificación proporcional a la actividad, pasemos a intentar la clasificación que hemos anunciado, junto con la enumeración de las ventajas e inconvenientes más notables. En primer lugar fijemos como medida de la actividad la relación entre el tiempo fijado y el empleado. Si la actividad es uno o menor que la unidad en casi ningún sistema se paga bonificación, sólo en algunos sistemas, como en el de Emerson empieza a establecerse la prima para actividades menores que la unidad, Gantt también da una bonificación para la actividad uno. En general, no consideremos justo pagar bonificación para actividades inferiores a la unidad; sólo puede tener una justificación al introducir en un taller la forma de trabajo a prima, para así evitar el tener que conceder tiempos demasiado generosos y luego tener dificultades para reducirlos o en aquellos casos en que los cálculos se basan en trabajos efectuados por obreros de primera categoría, en lugar de obreros de productividad media normal, como parece más justo y racional.

Independientemente de la actividad a que debe concederse bonificación, podremos agrupar los sistemas de primas en dos grandes grupos, que llamaremos *primas para trabajos ponderables* y *primas para trabajos imponderables*, según que se refieran a bonificaciones por ahorro de tiempo realizados en trabajos en los que pueda fijarse *a priori* con mayor o menor dificultad el tiempo o a trabajos en los que no es posible predecir el tiempo, ya sea por su naturaleza variable, ya por ser independientes de él. Son ejemplos de trabajos imponderables el de un gruero (trabajo variable imposible de fijar *a priori*), el de un portero (independiente del tiempo), el de un peón (trabajo variable). Cada uno de estos dos grandes grupos, trabajos ponderables e imponderables, pueden realizarse individual o colectivamente; un tornero trabaja individualmente, pero, en cambio, los obreros encargados de la carga de un cubilote trabajan en equipo. En todos los grupos caben tres tipos de prima, basadas en la forma como crece la bonificación. En unos, el aumento de la bonificación es constante, proporcional al tiempo ahorrado; en otros, el aumento es decreciente, y, finalmente, en un tercer tipo, el aumento es creciente. Además, en todos los tipos de prima se puede pagar ésta en proporción al salario horario que perciba cada obrero o a un tipo igual para todos. Lo primero es lo más corriente, lo segundo participa ya de un destajo; es un sistema mixto.

Deben agruparse en el sistema de primas con aumento de bonificación constante si ésta crece de un modo proporcional al tiempo; para un ahorro de cuatro horas se dará doble bonificación que si el ahorro es de dos horas. A este sistema pertenece el método Halsey, tan conocido. El aumento de bonificación es decreciente cuando cada nueva hora ahorrada se va pagando con una bonificación menor, aunque la prima total vaya creciendo en curva, tal es el caso del sistema Rowan; por el contrario, es creciente si cada nueva hora ahorrada se paga con una bonificación horaria mayor, como en el sistema Emerson. Todos los sistemas tienen sus partidarios y sus detractores, pues todos tienen sus ventajas y sus inconvenientes.

A mi modo de entender, el sistema a base de una variación creciente de prima horaria es el más racional, mayor premio cuando la actividad va creciendo, ya que representa un esfuerzo cada vez mayor por parte del obrero, pero presenta dos peligros: uno moral, otro económico. Puede ocurrir que el obrero, por el afán de alcanzar una prima mayor, haga un esfuerzo superior a sus facultades y se perjudique en su organismo, dando lugar a un agotamiento prematuro, perjudicial no sólo para él, sino también para la colectividad, aunque la empresa pueda salir beneficiada. El otro peligro está en que los tiempos puedan estar mal calculados y se pague más de lo que se deba. La prima decreciente es el reverso de la medalla, evita el agotamiento y en el caso de un cálculo equivocado no es tan grave el error, pero no es justo disminuir la prima en el momento en que el esfuerzo desarrollado es mayor; puede emplearse al iniciarse la puesta en marcha, pero siempre adolece del defecto de ser poco estimulante. El justo medio está en la prima horaria constante, no presenta los peligros e inconvenientes citados, aunque no sea justo el no aumentar la prima con el esfuerzo, si bien debe considerarse que esa injusticia es más teórica que real, pues los cálculos de tiempo no pueden en la mayoría de los casos afinarse excesivamente, fuera de los trabajos en grandes series o en masa. No obstante, todo sistema puede aplicarse, lo principal es que el que los implante sepa lo que quiere conseguir y lo vigile para hacer al punto las correcciones y modificaciones pertinentes.

Antes de entrar en las primas por trabajos imponderables quiero comparar las primas por equipo con las individuales. Mi opinión es la de que siempre que se pueda las primas deben ser individuales, y que sólo en aquellos casos en que no sea su aplicación posible se recurrirá a las primas por equipo. Durante la última guerra, especialmente en Inglaterra, se han extendido algo las primas llamadas *fellowship*, de camaradería, que son primas por equipo, que según afirman sus partidarios tienden a estrechar los lazos de camaradería. Teóricamente tal vez sea verdad, pero en la práctica no es así, pues se crean antagonismos entre los obreros que forman el equipo, al ver que unos se retrasan en el trabajo, mientras que otros tienen que trabajar por ellos, con la misma prima, y a la larga se tiende a una disminución de rendimiento, pues adoptan todos el ritmo fijado por los menos activos: ley fatal de todo trabajo colectivo.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

4.4. *Primas por trabajos imponderables.*—Las primas por trabajos imponderables son las más difíciles de establecer, pues, en realidad, si estamos de acuerdo en que el trabajo es imponderable, es imposible el hallar una medida que exprese una magnitud imponderable. En realidad, lo que se busca con esas primas es hacer desaparecer la injusticia que representa el que, mientras en un taller existen productores que ganan buenas primas, a su lado trabajan otros que tienen que contentarse con el jornal sin prima. Claro que podría aumentarse su jornal, pero esto que podría ser una solución equitativa para aquellos obreros que trabajan en trabajos de responsabilidad, como verificadores, no lo es para los peones, que, evidentemente, deben tener un salario menor que el que disfruta un obrero calificado. La prima sobre trabajos imponderables sólo sirve como pantalla a los jefes para no tener que repartir una gratificación por la actividad desplegada según su particular criterio, que tal vez sería lo más justo y equitativo, siempre que aquéllos poseyeran un espíritu de rectitud, justicia y buen sentido. Las primas de este tipo se acostumbra a calcularlas por equipo y luego se afecta la de cada productor de un coeficiente personal. La única ventaja que puede obtenerse con esos sistemas es la reducción de personal si está calculada para el indicado fin y se sabe demostrarlo a los productores.

Al lado de las primas a la actividad existen otros tipos de prima: primas a la calidad, al ahorro y, por último, ya en otro orden, la participación en los beneficios de la empresa. Todos estos sistemas tienen una misión distinta de la de las primas a la actividad; en realidad son más bien premios para estimular el trabajo de calidad o el economizar material, evitando el despilfarro.

4.5. *Participación en los beneficios.*—La participación en los beneficios de la empresa se propone otro fin, aunque algunos la hayan propuesto como método estimulante de la producción, pues como estímulo es muy poco eficaz, puesto que siempre alcanzará un valor en pesetas muy inferior a los pluses obtenidos por los otros sistemas de prima y además es una prima de tipo colectivo, con todos sus inconvenientes, y es muy difícil de aquilatar la influencia que cada productor tiene individualmente en los beneficios. La participación en los beneficios obedece a otro principio de orden educativo económico-social, y si bien actualmente pocos discuten su espíritu de justicia, no sólo presenta bastantes dificultades de orden práctico su aplicación, sino que también algunos problemas previos. Evidentemente, contribuyen más en los beneficios los productores de una empresa que sus accionistas, que incluso algunos desconocen dónde está ubicada la empresa y cuáles son sus actividades, y se dan casos de accionistas que hacen servir sus acciones para operaciones de juego de bolsa, por lo que obran en su poder sólo unos días; en cambio, para los productores, la vida de la empresa está ligada con la suya propia. Los detractores del sistema sostienen que las masas obreras no están preparadas para ello, y en parte es cierto, aunque en mi modo de ver no radica aquí la principal dificultad, pues así como entre la masa de accionistas actual, algunos de ellos también con preparación muy discutible, ya que para la adquisición de acciones no debe presentarse ningún certificado de capacidad, se imponen los más inteligentes o, por lo menos, los más audaces para dirigir los Consejos de administración, lo propio ocurriría con los productores, se impondrían también los más inteligentes para formar sus representaciones en los consejos de administración y suplirían la falta de cultura administrativa con su conocimento de los problemas de taller, por ser vividos por ellos. Creo que la participación de beneficios lleva aparejada la fiscalización en los Consejos de Administración; es un derecho que se deriva de un modo evidente si se reconoce la justicia de la participación en los beneficios.

La dificultad mayor consiste, a mi modo de entender, en que actualmente la cuestión social está planteada en forma de lucha de clases y, por consiguiente, mientras no se consiga encauzarla en el sentido de cooperación, verdad, no sólo nominal, de todos los elementos que integran la producción, no es posible hablar de participación en los beneficios, pues sería introducir la lucha de clases en los Consejos de administración, con retroceso de la producción; serviría de trampolín para la propagación de teorías ajenas a los problemas de producción. Claro está que en estas notas me refiero a la verdadera participación en los beneficios, no a lo que con este nombre se ha bautizado en algunas reglamentaciones laborales, que en el fondo no son más que impuestos sobre el capital e indirectamente sobre el consumidor.

Podría ser una solución intermedia el ir estableciendo participación de los productores en distintas cuestiones como asuntos de accidentes de trabajo, en la organización de deportes, mutualidades, economatos, etc., para ir adquiriendo el sentido de la cooperación, que se impone como cuestión previa antes de llegar a establecer la participación de los beneficios; este parece ser el criterio de la ley sobre Jurados de Empresa, propuesta en España. Es asunto que debe resolverse con mucho cuidado si se quiere llegar a un resultado equitativo y eficaz.

Debo señalar que la justicia de la participación de los beneficios y entrada de los productores en los Consejos de administración se refiere sólo a la función fiscalizadora, pues entiendo que la fundición directora sólo debe ejercerla la gerencia de la empresa y nadie más, ni accionistas, ni productores, cuya función sólo es fiscalizadora.

5.—EL AMBIENTE

Por último, nos falta analizar el factor, señalado al principio, de la producción, el cual tiene gran influencia en la eficiencia del factor humano, *el ambiente*. No entiendo aquí por ambiente el del local, que, indudablemente, ejerce cierta influencia, como la ejercen los colores con que están pintadas las paredes y los muebles utilizados, sino que me refiero al ambiente moral y social que se respira en la empresa en que se trabaja, así como en el exterior de la misma. La creación de un buen ambiente en las empresas es uno de los problemas más difíciles que se presentan a la dirección, pues no basta el tener ideas claras sobre el que debe ser, sino que exige por parte de los directores unas aptitudes caracterológicas adecuadas y contar con un estado mayor que lo secunde y que esté identificado con sus ideas; de lo contrario, lo que él forjará lo deshacerán sus colaboradores. En la mayoría de las empresas el problema está muy descuidado, las direcciones no sienten el problema por estar educadas en otras disciplinas, por las que sienten más afición y vocación, dadas las cualidades técnicas que por regla general han sido la causa

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

de su ascenso. Los jefes, por razones parecidas, tampoco acostumbran a sentir el problema, y el ambiente se forma sin rumbo, falta una política social clara, firme, estudiada y vigilada. Se van resolviendo los problemas a medida que van surgiendo, sin estudiar las consecuencias, ni lo que es peor, las causas que los han producido. A veces pequeñas causas, que a tiempo se hubieran podido evitar, son origen de grandes catástrofes irremediables; en general, existen siempre focos de infección que no se desinfectan a tiempo y que conducen al desarrollo de la epidemia. Un foco de infección está constituído por los desengañados, por temperamento o por fracasos, a los que hay que animar y atender para que no constituyan focos de infección; dice Walpole que *la frustración es la enfermedad industrial de la edad*.

Cómo crear el ambiente es difícil de establecer. Precisa actuar siempre en justicia, cuidar de que no se establezcan desigualdades irritantes, buscar la cooperación del personal, pagándolo bien y aceptando las ideas buenas que expongan, dándoles la sensación de que son algo más que máquinas, y si no pueden aceptarse, señalarles los inconvenientes de aquéllas. Paralelamente se organizarán actividades que hagan sentirse al productor ligado a la empresa.

6.—SINOPSIS

Para terminar, vamos a resumir los conceptos expuestos. El estudio de la eficiencia del factor humano debe hacerse siempre no olvidando nunca el aspecto social del problema, que tiene tanta o más importancia que el económico; esto exige que el ingeniero no se deje llevar por su especialización, sino que debe escuchar la voz de los especialistas de otras disciplinas.

Sentado ese criterio de estudio, debe buscarse una unidad de medida, cosa que ofrece muchas dificultades, especialmente si aquélla quiere emplearse como medida de la actividad desarrollada por el productor, más que para medir fenómenos económicos. Como medida de la actividad lo mejor, no obstante sus defectos, es establecer una comparación entre la realidad y lo previsto, pero ello requiere un estudio científico del programa y no podrá nunca emplearse para establecer comparaciones entre distintas empresas. Para la eficiencia económica, lo mejor, a pesar de sus dificultades, es aceptar la unidad hora-hombre.

Hemos estudiado también los métodos para estimular la actividad del hombre, y nos hemos encontrado ante la antimonia que se presenta entre todos los problemas vitales afán de dominio y espíritu de sociabilidad; debe buscarse un justo medio, como en todos los problemas. Para estimular la actividad sólo podremos actuar sobre el salario y sobre el ambiente.

Hemos considerado el salario en sus tres partes, parte fija destinada a premiar las aptitudes de cada cual y su situación en el escalado jerárquico de la empresa, parte proporcional a las cargas familiares y antigüedad y parte proporcional a la actividad desarrollada por el productor. Para estudiar esta última el sistema que creemos mejor es el de establecer una prima y entre los diversos métodos nos inclinamos por los que equilibran las dos condiciones opuestas, no poder provocar el agotamiento del productor y no disminuir la prima con el aumento de esfuerzo. El autor es partidario en todas las cuestiones del *justo medio*, los extremos siempre tienen sus peligros y no permiten la continuidad, tan necesaria en la vida industrial y económica.

Finalmente, hemos considerado el problema de ambiente señalando las dificultades de su formación, especialmente dentro de la empresa. Y no hemos tenido en cuenta el ambiente exterior, porque ello es misión del Estado, y, por otra parte, si el ambiente es sano dentro de las empresas, asimismo lo será el nacional, que está integrado por todos los particulares de las diversas empresas que contituyen la economía nacional.

Abril 1950.

Como resumen de lo actuado en la Sección, el Presidente, señor Moreno Pascau, propone las conclusiones siguientes, que son aprobadas.

"La eficiencia de nuestra producción industrial, indispensable para el abastecimiento nacional y para la concurrencia de nuestra industria en los mercados extranjeros, exige del Poder Público la reglamentación de la eficiencia y la racionalización del trabajo, para lograr la mejoría de la calidad, la reducción del coste y la salubridad del personal productor.

Para mejorar al máximo el rendimiento de la industria, en general, no basta que la preparación técnica de la Dirección sea completa, si acertada selección de los mandos secundarios no logra la realización absoluta de planes muy estudiados. A este fin, los métodos científicos aplicados ya en el extranjero, deben ser empleados, haciéndose que se apliquen en las Escuelas Especiales y en los centros de Enseñanza Industrial y que se den conferencias de formación en los últimos cursos.

El Instituto de Psicotecnia y el de Racionalización de Trabajo propondrán el alcance de esta propuesta y la extensión que ha de irse dando a esta enseñanza, que será progresiva".

Y sin más asuntos que tratar, se levanta la sesión a las ocho y media de la noche.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

SECCIÓN 5.ª

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA
(28 de mayo a 3 de junio de 1950)

ACTA DE LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 31 DE MAYO DE 1950

Se constituye la Mesa a las 10,03 de la mañana, bajo la Presidencia de don Dimas Menéndez Magdalena, Ingeniero Industrial, y actúa de Secretario don Rafael Altamira Redondo, por no estar presente don Jaimé Foxá, que se encuentra ausente.

El Secretario da lectura a la carta que los señores Vallvé, Carreras y Maluquer dirigieron al Presidente de la Sección 4.ª de este Grupo, rogándole que por analogía del tema del trabajo presentado al Congreso, número 237, con el de la Ponencia sobre maquinaria que hoy ha de examinarse, se incorpore el trabajo que presentan a la discusión. El Presidente accede a la petición, y el señor Vallvé procede a la lectura del mismo, que es el siguiente:

N.º 237. - Dotación de maquinaria y herramientas a la industria en sus aspectos minero, fabril y agrícola

Autores:
D. PABLO ARTÉS OLIVA, D. JOSÉ CAMPABADAL MARTÍ, D. ANTONIO PIRRETAS TUSET, D. JOSÉ BORRELL MACIÁ, D. CARLOS CARRERA RÍU y D. JUAN VALLVÉ CREUS
Ingenieros Industriales, de la Sección Técnica de Mecánica de la Asociación Nacional de Ingenieros Industriales (Agrupación de Barcelona)

I.—CONSIDERACIONES PREVIAS

La necesidad en que se halla prácticamente toda la industria española, cualquiera que sea su especialidad, de efectuar una intensa renovación de su equipo industrial, es bien patente y de todos conocida.

Varias son las causas que han ocasionado que nuestras instalaciones industriales de todo género se hallen muy anticuadas, lo que ha ocasionado que muchos de nuestros procesos de fabricación resulten de muy baja productividad, comparados con los de otros países, y, por tanto, se encuentra la industria nacional en condiciones de inferioridad para competir con las extranjeras; lo que, además, es motivo de que la mano de obra no esté suficientemente retribuída, debido a la menor productividad que antes hemos citado y, por tanto, la influencia de la mano de obra en el precio de coste sea mucho más elevada.

No debemos olvidar que desde hace veinte años, y a causa de la crisis mundial de 1929, el advenimiento de la República con un clima de inseguridad que produjo retraimiento en los negocios, la guerra civil española y, finalmente, la segunda guerra mundial y las dificultades en que se ha encontrado nuestro país, poco ha podido hacerse para la renovación de nuestro equipo industrial. Si a ello agregamos que la industria española en bastantes de sus ramas ya tenía antes sus instalaciones poco modernas, nos resulta que su estado actual y su eficiencia dejan mucho que desear.

Ahora bien, todo o gran parte del equipo industrial que el país necesita renovar, puede y debe construirse en el país. Para ello es necesario contar con una industria metalúrgica de transformación capaz de construir la maquinaria de todas clases que las otras industras necesitan, que dicha maquinaria tenga la necesaria perfección y que sus precios sean lo más bajos posible.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Es decir, que consideramos que, en lugar de proceder a importar maquinaria para modernizar los equipos de las industrias de toda clase, tanto mineras como fabriles y agrícolas, es mucho más conveniente atender a equipar, en primer lugar, la maquinaria de nuestra industria metalúrgica de transformación y hacer que ésta pueda atender a la modernización de las instalaciones de las otras industrias. Por tanto, bastará importar máquinas-herramientas, y en cambio, salvo en algunos casos especiales, la mayor parte de los equipos industriales que deseen renovarse o substituir se podrán construir en España.

Por otra parte, no debemos olvidar que tanto para el desarrollo industrial de la Nación como para atender al abastecimiento de sus habitantes y al incremento del comercio, es indispensable que el país tenga transportes realmente eficientes, tanto ferroviarios como por carretera y marítimos, y para ello es también necesario contar con una industria metalúrgica de transformación moderna y capaz.

Por todo ello, consideramos de vital importancia estudiar cuál es la situación de dicha industria y cuáles son los factores que deben ser atendidos para lograr que la misma alcance el nivel que el país necesita.

II.—SITUACIÓN DE LA INDUSTRIA METALÚRGICA DE TRANSFORMACIÓN

Nuestra industria metalúrgica de transformación ha alcanzado un elevado grado de calidad en muchos de sus productos, y puede decirse que en este aspecto bastantes de nuestras industrias pueden compararse con las extranjeras.

No podemos, en cambio, establecer en general comparaciones en lo que a rendimiento se refiere, ya que, indudablemente, nuestros precios de coste son casi siempre más elevados, a pesar de estar nuestra mano de obra peor retribuída. Si dejamos aparte la influencia en el precio de coste de las primeras materias, que en muchas ocasiones, y debido a la escasez ha sido notable, y nos referimos únicamente a la productividad, o sea, a la cantidad de mano de obra necesaria para construir una pieza o serie de piezas, nos hallaremos con que los tiempos de fabricación españoles son superiores a los de otros países industriales.

Podemos, desde luego, asegurar que ello es debido prncipalmente a la falta de máquinas modernas en nuestras fábricas metalúrgicas transformadoras.

Y decimos principalmente, y no únicamente, pues otro factor es la falta de rendimiento del personal debido, en parte, a la escasez de mano de obra calificada y, también, a que, aún en bastantes industrias, no se trabaja con método de organización de trabajo y formas de remuneración con incentivo.

Pensemos por un momento cuántas de nuestras máquinas-herramientas tienen menos de veinte años. Creemos pecar de optimistas si las evaluamos en un 20 %.

Comparemos esta situación con la de la industria norteamericana. En un informe completísimo, debido a la prestigiosa revista americana *American Machinist*, se publica la siguiente estadística del número de máquinas-herramientas de cada tipo existentes en EE. UU. y sus coeficientes de envejecimiento:

	N.° de máquinas	% con 10 años de vida mínimo	% con más de 20 años de vida
Tornos	396.464	47	25
Taladradoras	361.935	41	20
Rectificadoras	362.776	37	15
Fresadoras	182.284	45	25
Cepilladoras-puente	16.570	75	55
Limadoras	42.147	63	35
Máquinas de dentar	44.256	50	23
Máquinas de roscar	54.029	54	35
Máquinas de brochar	12.891	31	14
Prensas mecánicas	230.392	61	31
Prensas hidráulicas	32.159	37	17
Equipos tratamientos térmicos	106.342	29	11
Equipos soldadura eléctrica	165.101	30	6
Equipos soldadura autógena	15.747	23	2

Pues bien, el informe en que se publica este cuadro se titula «Incremento de la maquinaria antigua en los EE. UU.» y su prólogo dice textualmente:

«El equipo industrial de América está hoy día en peores condiciones que al final de la segunda guerra mundial. La tendencia de 1930, de aumentar la vida media de los equipos, ha vuelto a aparecer. Las industrias de trabajar los metales se están atrasando.. Hoy, más de una de cada cinco máquinas tiene más de veinte años.»

Si los EE. UU. consideran que su equipo industrial de trabajar metales está anticuado, porque el 20 % de sus máquinas tiene más de veinte años, ¿cómo estará el nuestro, en que el 80 % *tiene más de veinte años*, y un 60 % tiene más de treinta?

Nuestra industria no puede nunca alcanzar las productividades extraordinarias obtenidas por la industria americana dedicada a la fabricación en masa, como son las industrias del automóvil, motores eléctricos, refrigeradores, etc., las cuales pueden únicamente obtenerse por contar con producciones elevadísimas que permiten ir a la utilización no tan sólo de máquinas-herramientas especiales para cada fase de mecanizado de una determinada pieza, sino llegar al grupo de seis, ocho o diez máquinas-herramientas que realizan simultáneamente otras tantas operaciones diferentes. Tal es el caso de los bloques de cilindros de motores de automóvil y camión, en los que se mecanizan simultáneamente ocho piezas en ocho máquinas, realiza cada una de ellas una operación diferente, se efectúa automáticamente el paso de la pieza de una máquina a otra; el conjunto servido únicamente por dos obreros, uno que coloca la pieza sobre un montaje y el otro el que la desmonta. Así se alcanzan producciones de hasta una pieza cada dos minutos.

Este tipo de fabricación es muy difícil, salvo contadísimos casos, que pueda establecerse en nuestro país por lo limitado del mercado de consumo, pero sí pueden reducirse notablemente los tiempos de fabricación aun no yendo a la utilización de equipos automáticos como el antes citado de la industria norteamericana.

Pensemos por un momento en la serie de máquinas de tipo universal, es decir, que son aptas para cualquier tipo de piezas y que, sin embargo, pueden presentar rendimientos francamente

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

elevados, y de las cuales desgraciadamente en nuestras industrias tan pocas hay instaladas. Así podemos citar:

Tornos.

Tornos cilíndricos rápidos y potentes que permitan utilizar herramientas de carburo de tungsteno con ángulo negativo y fuertes profundidades de pasada.
Tornos cilíndricos provistos de copiadores hidráulicos.
Tornos cilíndricos para herramientas múltipes.
Tornos verticales provistos de torres revólver y altas velocidades.
Tornos revólver rápidos y potentes para construcción de piezas.
Tornos automáticos de varios husillos.

Fresadoras.

Fresadoras verticales potentes y rápidas para la utilización de platos con herramientas de carburo de tungsteno.
Fresadoras con copiadores hidráulicos.
Fresadoras planeadoras con cuatro cabezales inclinables.
Fresadoras horizontales de gran potencia.

Mandriladoras.

En este tipo de máquinas los talleres españoles están francamente mal equipados; hacen falta máquinas de velocidades elevadas que permitan grados de acabados que hagan innecesarios ajustes posteriores a rasquete. Son también necesarias máquinas con husillo con herramientas extensibles.

Taladradoras.

Taladradoras radiales robustas y provistas de mandos centralizados.
Taladros múltiples, con husillos desplazables mediante guías y «cardans», y que permitiendo, por tanto, variar la situación de los mismos y ser utilizados para taladrar piezas diferentes.
Cabezales para dos, tres, cuatro o seis husillos para ser adaptados a máquinas normales.
Unidades independientes para taladrar y que pueden ser montadas en las posiciones que convenga.

Rectificadoras.

Rectificadoras de exteriores e interiores de todas clases, ya que, indudablemente, nuestros talleres están muy faltos de este tipo de máquina indispensable para lograr buenos acabados.
Rectificadoras sin centros y con alimentación continua.
Rectificadoras para superficies planas.

Y otra serie de máquinas de alta producción, como son planeadoras con avance hidráulico y velocidades muy elevadas de retroceso, planeadoras que trabajen en ambos sentidos de marcha, máquinas de roscar por laminación, brochadoras, máquinas «honing», máquinas para «super-finishing», etc., etc.

No debemos tampoco olvidar las instalaciones para tratamientos térmicos, calibres y aparatos para verificar calidades de trabajo, máquinas de puntear, máquinas de rectificar roscas, muelas de grano muy fino, útiles especiales, es decir, una serie de elementos auxiliares de la producción que son tan indispensables como las mismas máquinas directamente productivas.

A las máquinas que antes hemos citado como ejemplo de máquinas no especializadas para una determinada pieza, y que, sin embargo, permiten obtener rendimientos que hoy en día nos están vedados por existir en nuestros talleres máquinas de dichas características en cantidades mínimas, deben agregarse, además, máquinas-herramientas de gran tamaño, de las cuales no tan sólo gran parte de las instaladas tienen muchos años de servicio, sino que además el número total de las mismas es insuficiente.

Se necesita, además, el ir a la simple substitución de máquinas que, por su muy mal estado, imposibilitan un trabajo de calidad. Como es natural, se obtiene mejor rendimiento en la nueva máquina por su mayor gama de velocidades y avances y mayor potencia que permiten realizar los trabajos a las velocidades más adecuadas.

III.—PLAN DE RENOVACIÓN DE MÁQUINAS-HERRAMIENTAS

¿Puede la industria nacional de máquinas-herramientas atender a la renovación de la maquinaria de la industria metalúrgica de transformación?

Creemos que únicamente en una pequeña parte, por los motivos que a continuación exponemos. Existen unos fabricantes de máquinas-herramientas que siempre han procurado ofrecer productos de buena calidad, pero al lado de ellos ha habido una serie cuyo único interés ha sido fabricar como fuera, ofreciendo a sabiendas máquinas de calidad nula, y, además, ha habido un pequeño grupo que han creído que, para fabricar una buena máquina-herramienta, bastaba con copiar una extranjera acreditada y así lo han hecho, pero desconociendo en absoluto que debía emplear aceros especiales tratados para una serie de piezas, lo cual ocasionó el suministro de máquinas de características aparentes excelentes, pero incapaces de realizar el trabajo que efectúan las que les sirvieron de modelo.

No tenidos en cuenta éstos que podríamos llamar malos fabricantes, quedan los restantes, los cuales pueden suministrar una parte de las máquinas-herramientas que se han de substituir, pero no están en condiciones de suministrar una gran parte de ellas, ya sea por su tamaño, características especiales o precisión.

Creemos, no obstante, que la industria nacional de máquinas-herramientas ha de mejorar sus productos e incluso debe irse a un mejor reparto de actividades. Hay demasiados talleres que fabrican fresadoras que, aun cuando diferentes, son de características prácticamente iguales. No hablemos de taladros ni de limadoras, pues son muchas las casas que hacen máquinas de características prácticamente idénticas. Por ello, debería irse a una mejor distribución de los tipos de máquinas. Al propio tiempo es indispensable la adopción de una *marca de calidad* que se concediera únicamente a aquellas máquinas que sometidas a una recepción la cumplieran. Ello obligaría a que los «malos fabricantes» construyeran bien o si no cesaran en sus actividades, ya que la máquina sin la marca de calidad no podría ser vendida.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

VALORACIÓN DE LAS INVERSIONES NECESARIAS

No se ha podido disponer de estadísticas completas referentes a toda la nación. Los datos que nos han merecido más confianza han sido los correspondientes a las cuatro provincias catalanas, y a ellos nos referimos como base para el estudio que sigue a continuación:

INDUSTRIAS METALÚRGICO-TRANSFORMADORAS

Máquinas-herramientas utilizadas en la industria catalana 10.000

Censo de industrias catalanas: Obreros pertenecientes a los grupos 1.º y 2.º (Maestros de taller, contramaestres, oficiales de 1.ª, 2.ª y 3.ª, especialistas) 38.500

Censo de la industria española (correspondiente a los mismos grupos 1.º y 2.º) 185.000

Proporción entre ambos censos:

$$\frac{\text{Obreros industria metalúrgico-transf. Española}}{\text{Obreros industria metalúrgico-transf. Catalana.}} = \frac{4{,}8}{1}$$

Considerando que fuera de la zona catalana existe una mayor proporción de industrias de tipo siderúrgico y de construcción naval, cuyo personal requiere en menor cantidad máquinas-herramientas, podemos suponer que la proporción de maquinaria entre la totalidad de la industria española y la industria catalana es menor que la de los obreros respectivos, o sea en lugar de 4,8 : 1 ... ... $\frac{4}{1}$

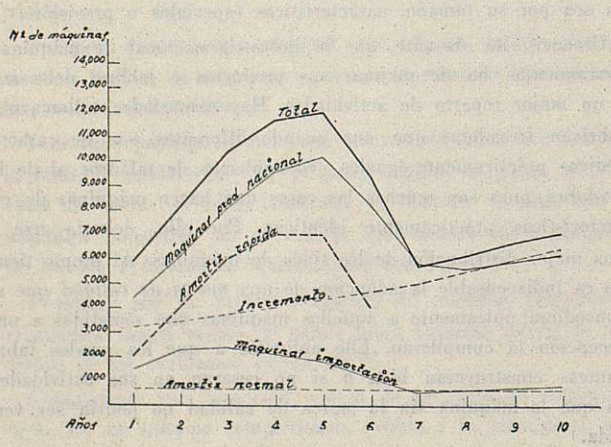
Resulta, pues, que el total de máquinas-herramientas existentes en España para la industria metalúrgico-transformadora es aproximadamente 4 × 10.000 ... . 40.000

Aun cuando consideramos que el 80 % de las máquinas-herramientas tiene más de 20 años, como existen máquinas especiales de empleo indispensable, aunque de poca utilización anual y, por tanto, de poca influencia en el coste de la fabricación, evaluamos únicamente en un 75 % las máquinas que precisa substituir.

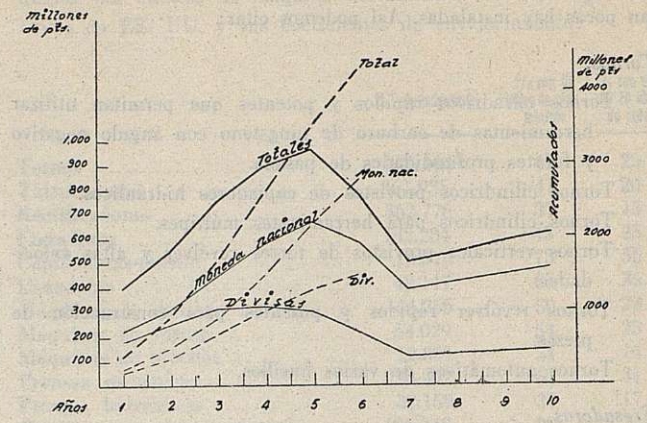
Ello representa la reposición de ... ... 30.000 máquinas.

Esta reposición no puede, naturalmente, efectuarse con toda la rapidez deseable, y en el cuadro núm. 1 se propone un escalonamiento de amortización en 6 años.

MÁQUINAS QUE PRECISA SUBSTITUIR



VALORES EN PESETAS PAPEL. 1950



Además, las 10.000 máquinas restantes deben irse amortizando al propio tiempo a ritmo que podríamos llamar normal.

Consideramos ritmo normal de amortización 16 años, o sea, que anualmente se deberá ir amortizando 1/16 de las máquinas que quedan relativamente modernas.

En el citado cuadro se indica la cantidad anual de máquinas que ello representa.

Pero hay que tener en cuenta, además, el crecimiento de la población, que hace que para mantener la misma proporción $\frac{\text{industria}}{\text{habitante}}$ debe aumentar constantemente la cantidad de máquinas en funcionamiento.

Como dato de referencia, las Compañías de Electricidad consideran que el aumento anual de consumo de flúido en España es del orden del 7 %.

Considerando además que el potencial industrial de España debe *aumentar* en proporción al número de habitantes, tomaremos como porcentaje anual de incremento el 8 %.

Con los datos anteriores se obtienen las necesidades anuales de maquinaria nueva para la industria metalúrgico-transformadora.

Gran parte de esta maquinaria puede producirse en la propia Nación, sobre todo a medida que vaya mejorando el equipo industrial de la misma.

En las columnas siguientes se indican los porcentajes de máquinas que hay que importar, progresivamente decrecientes, y la cantidad de máquinas que ello representa para cada año.

Al principio, y para ayudar a la reconstrucción nacional, deberán adquirirse máquinas de todos los tipos, cuyo coste medio unitario se estima en unas 120.000 pesetas.

A medida que el país se recupere, al propio tiempo que disminuye el porcentaje de la importación de máquinas, va aumentando el coste medio de las mismas, debido a que, las que se importan todavía, son máquinas de calidad, o por su capacidad de producción, o por su precisión, o por la especialidad extrema de su tipo constructivo.

En la columna correspondiente se señalan, pues, los valores unitarios para cada año:

Las tres columnas siguientes son:

Valor total en pesetas papel primer trimestre 1950 de la maquinaria de importación.

Valor total en pesetas oro de las importaciones requeridas.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CUADRO NÚM. 1

Años	Existencia en maquinaria	Amortiz. rápida s/ 30.000	Amortiz. normal s/ 10.000	Incremento 8 %	Total maquinaria nueva	Porcentaje maquinaria importada	Cantidad maquinaria a importar	Valor unitario medio de la maquinaria importada	Valor en pesetas papel 1950 Total	Valor en pesetas oro Total	Porcentaje en relación con los imp. 1949
1.º	40.000	2.000	650	3.200	5.850	25 %	1.460	120 000	175.200.000	49 000.000	4,3 %
2.º	43.200	4.000	650	3.450	8.100	25 %	2.025	120 000	243.000.000	67.700.000	5,9 %
3.º	46.650	6 000	650	3.750	10.400	22 %	2.375	130.000	308.750.000	86.000.000	7,5 %
4.º	50.400	7.000	650	4.050	11.700	18 %	2.100	150.070	315.000.000	88.000.000	7,7 %
5.º	54.450	7.000	650	4.350	12.000	15 %	1.800	165.000	297.000.000	83.000.000	7,3 %
6.º	58.800	4.000	650	4.700	9.350	12 %	1.120	180.000	201.600.000	54.500.000	4,8 %
Total valor a importar en los **seis** *primeros años.... .....*									1.540.550.000	428.200.000	
7.º	63.500	—	650	5.000	5.650	10 %	565	200.000	113.000.000	31.600.000	2,8 %
8.º	68.500	—	650	5.500	6.150	10 %	615	200.000	123.000.000	34.400.000	3 %
9.º	74 000	—	650	6.000	6.650	10 %	665	200.000	133.000.000	37.000.000	3,25 %
10.º	80.000	—	650	6.400	7.050	10 %	705	200.000	141.000.000	39.500.000	3,5 %

CUADRO NÚM. 2

Años	Porcentaje maquinaria producción nacional	Cantidad maquinaria producción nacional	Valor medio unitario producción nacional	Valor total producción nacional	Valor total maquinaria importada pesetas papel	Capital total necesario
1.º	75 %	4.390	50.000	219.500.000	175.200.000	394.700.000
2.º	75 %	6.075	50.000	303.750.000	243.000.000	546.750.000
3.º	78 %	8.025	55.000	441.375.000	308.750.000	750.125.000
4.º	82 %	9.600	60.000	576.000.000	315.000.000	891.000.000
5.º	85 %	10.200	65.000	663.000.000	297.000 000	960.000.000
6.º	88 %	8.230	70.000	576.100.000	201.600.000	777.700.000
Total necesario en los **seis** *primeros años.....*				2.779.725.000	1.540.550.000	4.320.275.000
7.º	90 %	5.085	75.000	381.375.000	113.000.000	494.375.000
8.º	90 %	5.535	75.000	415.125.000	123.000.000	538.125.000
9.º	90 %	5.985	75.000	448.875.000	133.000.000	581.875.000
10.º	90 %	6.345	75.000	475.875.000	141.000.000	616.875.000

Porcentaje anual que representan las importaciones citadas, con relación a la cifra total de importaciones de 1949. Como puede verse, el máximo que se alcanza es el 7,7 %, equivalentes a pesetas oro 8.000.000.

Dicho máximo, comparado con las importaciones en *artículos fabricados* en el citado año 1949, que ascendieron a 426.254.000 pesetas oro, representan solamente el 20,7 %.

CUADRO NÚM. 3

Comercio exterior de España en 1949

VALORES EN PESETAS ORO

	Exportaciones	*Importaciones*
Animales vivos	752.000	5.201.000
Primeras materias	116.304.000	445.867.000
Artículos fabricados	224.800.000	426.254.000
Substancias alimenticias ...	530.187.000	251.307.000
Oro en pasta y moneda	12.922.000	10.116.000
Plata en pasta y moneda ...	780.000	2.391.000
TOTALES	885.745.000	1.141.136.000

CAPITAL TOTAL NECESARIO

En el cuadro número 2 se indican los porcentajes, cantidad, valoración media unitaria y valores totales de la maquinaria de producción nacional.

En la columna siguiente se indican los valores resultantes de la tabla del cuadro número 1, encontrados para el coste en pesetas papel 1950 correspondientes a la maquinaria de importación.

En la última columna se encuentra la suma de valores totales que representa el capital necesario cada año para la renovación de la industria metalúrgico-transformadora.

La suma de los seis primeros años nos da el capital total necesario, que asciende a *pesetas 4.320.275.000.*

Con ello los talleres dedicados a producir maquinaria para los otros ramos (minero, fabril y agrícola) podría aumentar progresivamente su producción desde el primer año. Al esfuerzo que estos talleres realizaran, se uniría, a partir del sexto año, el excedente de producción de los talleres dedicados a la construcción de máquinas-herramientas para la industria metalúrgico-transformadora, que, al disminuirles la demanda, deberían dedicarse en

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

parte a la construcción de maquinaria para la minería, industria fabril y agricultura.

Llegada la Industria Nacional a su plenitud, su producción superaría las necesidades del mercado interno y podrían dedicarse cantidades de maquinaria progresivamente crecientes a la exportación a países menos industrializados, compensando a la larga el sacrificio inicial de divisas que este plan requiere.

IV.—FINANCIACIÓN

La cuestión de la reposición de maquinaria no sólo afecta al caso de reemplazar una máquina por otra de análogas características, sino que, como en etapas de progreso técnico, la estabilidad económica exige un nivel creciente de inversiones netas, es conveniente, y hasta necesario, aprovechar el cambio para mejorar el equipo de la industria, y si en el primer caso era indispensable la autofinanciación para no reducir el capital real de la empresa —aunque el nominal no variase, o incluso sufriese un incremento—, en el segundo será precisa una nueva aportación de capital, ya exterior, ya resultante de beneficios reales no repartidos.

Vamos a ocuparnos, en primer lugar, de la aportación del capital exterior necesario, para luego señalar las medidas que se habrían de adoptar para hacer factible en parte una autofinanciación.

CRÉDITOS

Para llevar a efecto la renovación tan necesaria de la maquinaria y equipo de nuestra industria en la totalidad de sus aspectos, minero, fabril y agrícola, se necesita la aportación de un capital de bastante importancia, como se puede colegir de los datos anteriores, que solamente hacen referencia a la primera etapa, o sea, a la dotación fehaciente de nuestra industria metalúrgica de transformación.

No cabe duda de que una parte de estos capitales podrán obtenerse por autofinanciación de las empresas, principalmente cuando el plan que se propone ya esté en plena marcha, pero la mayor parte de este capital ha de provenir del exterior.

El procedimiento de emisión de obligaciones o bonos amortizables es el mejor y el que más se adapta a las variaciones del libre mercado de la concurrencia de capitales; además de la facilidad de su amortización, que en la mayoría de los casos se realiza por compra directa de los valores en circulación. El que la amortización sea a largos plazos es una ventaja para los poseedores, que sólo buscan un interés a sus capitales.

Este sistema es muy adecuado para las grandes Compañías que emiten por varios millones, pero cuando se trata de la pequeña o mediana empresa, sólo existe la solución de un crédito bancario.

Los Bancos comerciales no son apropiados para conceder créditos a la industria. Esta requiere plazos largos, y como la parte principal de su activo, maquinaria y edificios, tiene carácter de inmovilizado, resulta poco apropiado para servir de garantía a créditos concedidos con el dinero de cuentas corrientes bancarias, cuya disposición por los Bancos exige que se le dé un empleo fácilmente realizable para poder así satisfacer con facilidad las demandas de reembolso que puedan formular los cuentacorrentistas.

Para la concesión de créditos a la industria, se han creado en muchos países Bancos especiales. En España, el Banco especializado para esta finalidad es el de Crédito Industrial.

Las líneas generales establecidas para tal clase de créditos consisten en que el Banco los concede por su cuenta, en las condiciones y garantías que estima convenientes, y el Estado contribuye en cada operación con el 80 % en Bonos del Tesoro para el fomento de la industria nacional, emitidos en 1 de mayo de 1921. El restante 20 % lo aporta el Banco de su capital en acciones. El industrial debe justificar el empleo de este crédito a los fines para los cuales fué concedido, y tiene derecho preferente de reintegro en quiebras y suspensiones de pagos.

Para la resolución del problema de reposición y renovación de maquinaria en la cuantía con que se presenta en la actualidad en nuestro país, consideramos insuficientes la autofinanciación y la emisión de obligaciones o la concesión de préstamos por el Banco de Crédito Industrial, y excesivamente onerosos para atender en su totalidad a los gastos de renovación. Por ello creemos que sería lo más adecuado la promulgación de una *Ley de Crédito Industrial*, similar a la existente de Crédito Naval, que a largos plazos y a módico interés concediera créditos para atender en parte a los citados gastos de renovación de maquinaria.

Los límites obligados de este trabajo no nos permiten detallar en qué forma deberían concederse estos créditos a largos plazos, lo que, por otra parte, no es difícil imaginar estando en plena vigencia y aplicación la citada Ley de Crédito Naval, con fines similares en otro aspecto de la economía nacional.

Los altos Organismos del Estado deberían proteger también de otra forma a la industria nacional, en la reposición de su maquinaria. Aunque no somos partidarios de la exención total de derechos arancelarios para determinadas empresas, ya que con ello se daña a la industria nacional, ni tampoco para máquinas que sin fabricarse en nuestro país son de coste relativamente moderado, sí creemos, en cambio, debería concederse la *exención total o parcial de derechos de Aduana* en las importaciones de máquinas que, por su alta precisión o tamaño, o ambas cosas a la vez, resultan de un precio muy elevado, o sea, que exigen grandes desembolsos.

MEDIDAS PARA LA AUTOFINANCIACIÓN

La necesidad de renovar en las industrias los equipos productores desgastados por el uso o envejecidos por el tiempo y por la consiguiente aparición de modelos más perfeccionados, repercute, no sólo en el aspecto técnico, sino, además, en el económico, en cuanto estos nuevos equipos han de ser pagados por la empresa que habrá de utilizarlos.

Si admitimos que el valor de una máquina está en relación con la utilidad que nos proporciona, este valor habrá de decrecer evidentemente con el tiempo, y la amortización contable no hará otra cosa que poner de manifiesto, en los libros de la empresa, una depreciación que real y verdaderamente experimenta la máquina de que se trata. Pero si queremos que el activo social no sufra merma alguna, la cantidad que se resta del valor de la maquinaria habrá de sumarse al precio de coste de los

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

productos fabricados, y destinarse a un fondo de reserva especial para renovación del equipo productivo.

Vemos, pues, que uno de los sumandos que integran el precio de coste del producto es la cantidad equivalente al consumo de las máquinas o equipos utilizados en su fabricación. Y como estas máquinas o equipos, al retirarse de servicio, habrán de reemplazarse por otros nuevos, adquiribles al precio que rija entonces en el mercado, el precio del producto —a cobrar en moneda corriente— ha de calcularse como si hubieran de adquirirse con la misma moneda las inmovilizaciones actuales de la empresa, ya que deben ser homogéneas todas las cantidades que intervienen en la contabilidad.

La renovación de la maquinaria, la amortización contable de la misma y el precio de coste de los productos con ella fabricados, son, pues, tres cuestiones íntimamente relacionadas entre sí, y el importe de la amortización ha de repercutir necesariamente en los gastos de explotación del negocio, para que no sean del todo ficticios los beneficios resultantes de la contabilidad de la empresa.

Debemos insistir en que la amortización no puede considerarse como una mera operación contable o matemática susceptible de ser reducida a la aplicación de una fórmula general. Se trata de un problema técnico, cuya resolución debe confiarse a un ingeniero que conozca tanto el grado de desgaste de lo que ha de amortizarse como sus perspectivas de envejecimiento normal o prematuro, así como el valor probable del equipo que lo habrá de reemplazar.

Y si interesante es el que en todo momento el valor contable del activo social esté de acuerdo con lo que resultaría de una valoración técnica del mismo, mucho más lo es el conseguir que el fondo de reposición alimentado con cargo al coste de los productos fabricados alcance, en el momento preciso, el nivel necesario para financiar la adquisición de un nuevo equipo que reemplace al amortizado.

En otro caso, es decir, si la empresa no puede autofinanciarse la substitución de una máquina, por ser insuficiente para ello el fondo de reserva constituído como contrapartida de las amortizaciones, en realidad su activo se habrá reducido, por haberse repartido como beneficios con sus correspondientes impuestos, parte de lo que se habría de haber atribuído a fondo de reserva.

El fondo de reposición de maquinaria —no se llame, si no se quiere, de amortización— ha de nutrirse en forma que, llegado el caso, sea suficiente para financiar la adquisición de las nuevas máquinas que han de reemplazar a las antiguas, y no debe graduarse, por tanto, por lo que costaron éstas, sino por lo que aquéllas habrán de costar.

Nos encontramos, pues, en presencia de dos problemas técnicos con repercusiones fiscales; cantidad que precisa amortizar y plazo de amortización. El primero ha de resolverse prescindiendo, hasta cierto punto, del postulado contable, en virtud del cual el fondo de amortización no puede exceder del activo que se amortice, ya que técnicamente dicho fondo de reposición ha de ser suficiente para substituir, llegado el caso, las máquinas antiguas por otras nuevas de características productivas idénticas, mejor dicho, que ofrezcan la misma utilidad para la industria de que se trata.

Pero, en todo caso, debe el Estado dar las máximas facilidades para que dicho fondo de reposición se constituya, y para ello la política fiscal, análogamente a lo practicado en otros países, debería orientarse en el sentido de declarar exentas de impuestos todas las cantidades abonadas a dicha cuenta, aunque el importe neto de ésta llegase a ser superior al valor contable del activo que se amortiza. Dichas cantidades se destinan a mantener la capacidad productiva de la empresa; premisa ésta indispensable para que produzca, en el futuro, beneficios que en su día contribuirán, con sus impuestos, a sufragar las cargas estatales. El efecto de los distintos impuestos sobre el deseo de industrializar es tema en el que, pese a su gran importancia y a la conexión que ofrece con el de esta Ponencia, no podemos extendernos para no alargarla ni desviarnos del plan que nos hemos propuesto.

Y pasando al segundo de los problemas enunciados, el plazo de amortización, de su carácter eminentemente técnico, resulta que ni el desgaste, ni menos el envejecimiento, pueden ser estimados por quien no disponga de sólidos conocimientos acerca de la industria en general y de aquélla de que se trate en particular, y no esté al corriente de los más recientes progresos técnicos susceptibles de repercutir en un prematuro envejecimiento de máquinas y equipos industriales —quizá todavía en perfecto estado— y de obligar, incluso, a modificar radicalmente los procesos de fabricación.

Pero aparte del envejecimiento, el solo desgaste varía según sea la clase de trabajo a que el equipo en cuestión se someta, los agentes más o menos corrosivos con quienes está en contacto, etc.; y la importancia práctica de tal desgaste varía, a su vez, de acuerdo con la precisión requerida. No por otro motivo, lejos de admitir con carácter general unos cuadros de amortización prefijados, el empresario debe recabar en cada caso el consejo de un ingeniero para ver si el equipo de que se trata ha de amortizarse en cincuenta, en veinte, en diez, en cinco o en menos años, dadas sus especiales características y condiciones de trabajo. Y el ingeniero, a su vez, al fijar el porcentaje de amortización, ha de prescindir del valor con que la máquina figure en inventario y de su posible revalorización, para concretarse tan sólo a ver cuál es la fracción anual de demérito técnicamente previsible y, en todo caso, a las circunstancias especiales de la misma que aconsejen desviarse, en más o en menos de aquélla.

La necesidad de no concretar demasiado en lo que se refiere a plazos de amortización, ha sido reconocida por los Poderes públicos, al no hacer uso, a pesar del tiempo transcurrido, de la facultad de fijar unos coeficientes legales de amortización. Y, por tanto, queda vigente, sin limitación alguna, la disposición 5.ª del artículo 4.º de la Ley de Utilidades de 22 de septiembre de 1922, en cuanto dispone que se han de comprender entre los gastos «las cantidades destinadas a la amortización de los valores del activo, por depreciación o pérdida de los mismos», mientras «sean efectivas» y «se haga constar por la empresa en los documentos de su contabilidad».

La Ley, pues, admite una amortización en un plazo cualquiera, mientras la depreciación sea efectiva y se contabilice debidamente.

La tesis antes citada, o sea, la de constituir un fondo suplementario para la reposición de maquinaria a base de aumentar las cantidades para la amortización de la misma que se consideren necesarias, es sostenida hoy día por una gran parte de economistas. Pero existe otra forma de constituir este fondo de reposición que quizá resulte de aplicación más clara.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Nos referimos a separar los dos conceptos: *fondo de amortización*, que restituya, por decirlo así, a la economía de la empresa el valor desembolsado en la compra de la máquina a medida que se desgasta y envejece por el trabajo y por el tiempo, y *fondo de reposición*, constituído por una parte de beneficios no distribuídos y que se destinan a atender única y exclusivamente a la reposición de maquinaria y equipo; fondo que, para cumplir su cometido, ha de tener su contrapartida en el activo en *inversiones fácilmente liquidables*.

De esta forma se cumplimenta el requisito contable de que el fondo de omortización no debe superar al valor inicial de la máquina, y las amortizaciones se siguen efectuando en la forma corriente; mientras, por otra parte, se constituye el fondo de reposición en la medida que permita la marcha económica de la empresa y la previsión de las contingencias futuras.

Este sistema se libra de la crítica que puede hacerse al anteriormente propuesto de que es difícil conocer con anterioridad, o sea, en el momento de efectuar las amortizaciones, cuál será el verdadero coste de la maquinaria el día de su reposición. En efecto; no solamente el coste de reposición no se conoce hasta el momento de tener que efectuarla, sino que no será nunca igual al primitivo, en primer lugar, por el fenómeno nunca interrumpido de la depreciación de la moneda, y en segundo lugar, porque con el adelanto industrial existirán en el mercado, en el momento de la reposición, máquinas que cumpliendo el mismo cometido lo harán con mayor eficiencia, y la empresa se verá obligada a adquirir esta máquina más moderna para colocarse en un plan de igualdad con empresas similares de instalación más reciente y montadas, por tanto, con maquinaria técnicamente al día.

Este sistema de constituir reservas, o sea, lo que llamamos *fondo de reposición*, es el criterio que se ha adoptado en 1949 en Inglaterra, aparte de las primas que el Estado concede para fomentar la reposición de maquinaria, como ocurre, por ejemplo, en la industria textil.

En el caso aconsejable de adoptar este sistema, o sea, constituir el fondo de reposición, es conveniente que la Hacienda conceda la exención de impuestos sobre las cantidades que, restadas de los beneficios, se destinen a este fondo.

Cualquiera de las dos soluciones citadas son, desde luego, más lógicas y menos expuestas a complicaciones que la exención tributaria de balances, sostenida también por algunos de los economistas actuales.

También podrían efectuarse las amortizaciones partiendo del valor probable de reposición de la máquina de iguales características y rendimiento de la que se amortiza, teniendo en cuenta la depreciación monetaria, y, por otra parte, crear e incrementar el fondo de reposición, con objeto de atender al aumento de valor de la nueva máquina que ha de substituir, más perfeccionada y de mayor eficiencia, según se ha indicado anteriormente, pero adolece de los mismos defectos señalados para la primera solución, y que se han evitado en la segunda, o sea, desconocimiento «a priori» de la depreciación monetaria y fondo de amortización qus supera al valor de la maquinaria que se amortiza.

Resumiendo: Los dos sistemas propugnados cumplen la misma finalidad, o sea, proporcionar en parte a la industria los fondos necesarios para la reposición y renovación de la maquinaria, y permitir, por tanto, que parte de esta renovación pueda hacerse por autofinanciación.

CONCLUSIONES

1.ª Para el estudio de la totalidad de los problemas que afectan a la dotación de maquinaria y herramientas de la industria española, consideramos imprescindible la creación de un *organismo mixto*, de carácter permanente, formado por delegados del Ministerio de Industria y Comercio, y representantes de la industria privada.

2.ª Es necesario atender, en primer lugar, a la *industria metalúrgica de transformación*, tanto en la renovación de su maquinaria como en el suministro de materias primas, dando carácter preferente a las importaciones que fueran necesarias.

3.ª Precisa la promulgación de una *Ley de Crédito Industrial*, similar a la existencia de Crédito Naval, que, a largos plazos y a módico interés, conceda créditos para la renovación de nuestras instalaciones industriales.

4.ª Es indispensable que se establezca un *régimen de amortizaciones* suficientemente amplio en plazo y cuantía, y conceder la *exención de pago de utilidades* a la parte de beneficios que se destine al fondo de reposición.

Barcelona, mayo de 1950.

El señor Vallvé glosa la Ponencia anterior y propugna la renovación progresiva de toda la maquinaria anticuada.

El señor Aranguren dice que encuentra muy interesante el trabajo presentado, aunque, a su juicio, falta en él un previo examen de la propia industria metalúrgica transformada, en el que se estudie profundamente su reorganización en sentido amplio, y se logre el aumento del rendimiento de las máquinas y del personal y la reducción de las inversiones del capital necesario al mínimo indispensable.

Le contesta el señor Pagola, diciendo que sobre la concentración de industrias pequeñas, conviene destacar el peligro de que se caiga en aumentar el número de industrias paraestatales,

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

pues cree deben mantenerse las pequeñas industrias suministrándoles la maquinaria que precisan, pues dada nuestra idiosincracia, el rendimiento de ellas es bueno y, en cambio, no conocemos de modo concreto el de los ensayos de las grandes masas industriales, en especial, del carácter citado.

El señor Lapuente presenta las siguientes enmiendas a la Ponencia de la Agrupación de Ingenieros Industriales de Barcelona:

1.ª Solicitar del Ministerio de Hacienda dé mayor efectividad al contenido de la vigente legislación de utilidades, fijando las amortizaciones, en todo caso, mediante informe que, obligatoriamente, ha de emitir el técnico fiscal correspondiente.

2.ª Que se dé contenido, en la legislación tributaria, concediendo exención, por tarifa tercera de utilidades, a las revalorizaciones del inmovilizado en el activo, siempre que se ajusten al dictamen pericial que sobre su valor real actual emita el técnico correspondiente al Ministerio de Hacienda.

Se suspende la Sesión.

Reanudada a las doce horas, y sustituye al señor Altamira, como Secretario, el señor Arto Madrazo.

El Presidente concede la palabra al señor Pagola, que da lectura a la Ponencia del Instituto de Ingenieros Civiles sobre: Dotación de máquinas y herramientas de la industria en sus aspectos minero, fabril y agrícola.

En esta Ponencia intervinieron los siguientes señores:

Presidente: Don Enrique Jiménez Girón, Ingeniero Agrónomo.
» Eladio Aranda Heredia, ídem íd.
» Luis Escrivá de Romaní, ídem íd.
» Juan Pagola Bireven, ídem Industrial.
» Enrique Laborde Werlinden, ídem íd.
» Mariano Dávila Vacas, ídem de Minas.
» León de Izaguirre, ídem íd.
Secretario: » José Luis Gorospe, ídem Industrial.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

GRUPO VIII
SECCIÓN 5.ª

Dotación de maquinaria y herramientas a la industria en sus aspectos minero, fabril y agrícola

(PONENCIA)

Entre las ponencias formadas en el seno del II Congreso Nacional de Ingeniería ha correspondido a los ingenieros que constituyen la 3.ª Ponencia la misión de estudiar la «Dotación de maquinaria y herramientas a la industria en sus aspectos minero, fabril y agrícola».

Desde el primer momento se vió por parte de los componentes de la Ponencia la primordial importancia de la tarea que les había sido encomendada y la gran responsabilidad que pesaba sobre ellos, máxime teniendo en cuenta que para una eficaz consecución de su propósito era preciso disponer de una copiosa documentación estadística, de la que, desgraciadamente, se carece en su casi totalidad, piedra fundamental ésta para la erección de tal edificio, que de lo contrario carecería por completo de estabilidad.

La recogida de datos para tal misión precisa de una cantidad de tiempo muy elevada, al mismo tiempo que para ello es también indispensable desplegar un conjunto de elementos que permita enfocar exactamente la actual situación de la producción, diferenciar las producciones fundamentales, de las accesorias, y la influencia de estas últimas sobre aquéllas. Por ello, ha estimado la Ponencia que debería centrar el interés de su trabajo en el establecimiento de un Plan que pudiera servir de directriz para la redacción de cuantos trabajos especializados se consideren necesarios a tal objeto, y, una vez recopilados todos ellos, elevar en su momento el trabajo resultante a la Superioridad, para su aprobación o discusión, como exponente de la forma de pensar de la Ponencia, y en su caso del Congreso.

Antes del establecimiento de este Plan, sería preciso trazar una visión panorámica del conjunto industrial actual de España y su comparación con la correspondiente al período anterior a 1936, y para ello es interesante hacer resaltar algunas características de la misma.

El desarrollo industrial de España durante los años anteriores a 1936 seguía una trayectoria continua de avance en sus conquistas industriales, aumentando paulatinamente sus programas de fabricación e incorporando nuevas industrias y construcciones a la producción industrial. El ritmo que seguía esta industrialización era lento, pero venía constituyendo aproximadamente un todo armónico entre la producción de materias primas y la de instalaciones para su utilización y transformación en artículos de consumo o elementos de producción.

El formidable desgaste sufrido por nuestros elementos de producción y la destrucción de muchos artículos de consumo durante nuestra guerra de Liberación crearon una gran penuria de los mismos a su terminación. Existe, al mismo tiempo, gran dislocación en nuestras producciones agrícolas y mineras, problemas creados por dificultades de mano de obra, desaparición de ganado, de elementos de producción, destrucciones, etc., y una demanda exagerada de determinados artículos, entre ellos, hierro y cemento para reponer las destrucciones en masa de viviendas e instalaciones. El mercado atraviesa una situación de fácil colocación de productos, aumentada extraordinariamente por las dificultades de divisas que impiden la adquisición en mercados extranjeros de los que tradicionalmente eran objeto de importación. Debido a tal situación se hipertrofió extraordinariamente la industria de producción de tales artículos, en tanto que la de materias primas o artículos esenciales no aumentaba su producción al mismo ritmo.

Para darnos idea más precisa de tal diferencia es interesante pararnos a considerar determinadas cifras de producción o, por mejor decir, de producción y consumo. La producción eléctrica durante el período 1930 a 1934 era de 115 kWh. por habitante y año, en promedio. Se elevó en un 58 % (182 kWh. y año) durante el 1943, y por último esta elevación llegó a un 91 % (220 kWh. y año) durante 1948, a pesar de lo cual resulta tan insuficiente para nuestras necesidades, que es preciso restringir su consumo a cifras que resultan onerosas para nuestras instalaciones industriales. Estas cifras de consumo producidas por las exigencias de muchas industrias de transformación no son seguidas paralelamente por nuestras producciones fundamentales. No queremos con ello sentar la teoría de que debe existir un paralelismo entre la fabricación de artículos de consumo y la de materia prima, ya que la mayor manufactura supone la incorporación de una mayor cantidad de mano de obra y, por lo tanto, de energía en todas sus formas a la materia prima, pero sí se ve fácilmente una desproporción en estos desarrollos.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Si estudiamos ahora otras fuentes de energía, tales como los combustibles sólidos, veremos que, por lo que a la hulla se refiere, hemos pasado de 284 kgs. por habitante y año en 1929 a 330 kgs. en 1948, donde puede observarse que existe un ligero aumento, pero sin que exista comparación entre éste y el sufrido por el de energía eléctrica, ya que es del orden de un 16 %, contra el 91 % de ésta. Existe una ligera compensación con una mayor producción de antracitas, que pasa de 29 kgs. en 1934 a 52,5 kgs. en 1948, pero, si se realizara el estudio en calorías totales, la diferencia sería muy pequeña en su conjunto.

Dado que se atraviesa una etapa de reconstrucción que precisa gran cantidad de cemento, las producciones de este material deberían haber sufrido un gran aumento. No es así, ya que el año 1929 se consumió en España una cantidad equivalente a 860 kgs. por habitante y año, en tanto que las producciones de 1940 a 1948 han sido desde 600 kgs. en 1940 a 838 en 1948.

Por lo que al acero se refiere, veremos que las producciones de los años 1929 y siguientes, que alcanzaron su máximo en 1929 con una cifra de 43,4 kgs. por habitante y año, han descendido a cifras de una mitad aproximadamente en los años 1944 y sucesivos, y que alcanzaron en 1948 una producción de 23 kgs. por habitante y año.

En cuanto a la producciones agrícolas, las cifras arrojadas por los trabajos presentados en el reciente Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica son sobrado elocuentes. La disponibilidad de trigo de 156,6 kgs. por habitante y año en el período 1930-1935 ha bajado en la actualidad a 90 kgs. Análogas disminuciones sufren sensiblemente casi todas las producciones agrícolas, que en su conjunto quedan reducidas a un 59 % de su producción antigua.

Este desequilibrio entre producciones y consumos, entendemos que debe ser subsanado con la mayor urgencia y que, por lo tanto, debe abordarse como primera fase la recuperación en producciones de las cifras necesarias para dar un sólido cimiento al formidable esfuerzo realizado por España para substituir tantas y tantas producciones en las que dependíamos por completo del extranjero. Entiende esta Ponencia que en esta primera fase debería estudiarse la dotación de maquinaria y herramientas de la industria en sus aspectos minero, fabril y agrícola, que tienda a garantizar el suministro de estos productos fundamentales, y, una vez alcanzada esta meta, continuar la ordenación industrial en su conjunto sobre una base ya segura.

Son varias las tareas a que habrá que hacer frente a tal objeto: renovación de maquinaria, disponibilidades de mano de obra, estudio de rendimientos y, partiendo de la base de que, al alcanzar su consecución, el desarrollo demográfico haya logrado la cifra de treinta millones de habitantes, ha considerado esta Ponencia como fines que alcanzar los siguientes:

Electricidad.—Considerando que el consumo actual viene disminuído sobre la cifra de necesidades a consecuencia de las restricciones, se establece como cifra límite mínima de producción la que corresponde a un incremento del 100 % sobre el promedio de 1930 a 1934; es decir, de 230 a 250 kWh. y año por habitante, lo que supone una producción total de 7.000 a 7.500 millones de kWh. y año.

Combustibles sólidos.—Teniendo en cuenta la correlación entre las necesidades de consumo de energía en forma de combustible sólido y la eléctrica, estima esta Ponencia que las necesidades de suministro de mercado deberían alcanzar la cifra de producción de 15.000.000 de toneladas de carbón. De esta forma, las disponibilidades serían del 200 % de la media correspondiente al período 1930 a 1935. En realidad, teniendo en cuenta las diferentes características de los combustibles actualmente extraídos, sería preciso que el total de combustible disponible tuviera una potencia calorífica equivalente a los 15.000.000 de toneladas de hulla.

Durante el período 1930 a 1935 se importó un promedio de 918.000 toneladas de hulla y, por lo tanto, sería necesario producir al mismo tiempo su equivalente actual de 2.270.000 toneladas de calidad análoga a aquélla, o de lo contrario prever la importación de esta cantidad.

También es necesario tener en cuenta a los mismos efectos que durante aquel período se importó un promedio de 117.000 Tm. de coque metalúrgico, que actualmente se convertirían en 288.000 toneladas.

Cemento.—Si bien el período de reconstrucción se encuentra en plena marcha y ello implica un aumento elevado de la cifra de necesidades, hemos considerado que normalmente se hubiera resuelto este período de transición en breve plazo y, en este caso, que el incremento de necesidades debido a elevación de nivel de vida, correspondiera a un 25 % de la cifra de producción del período 1929 a 1935, lo cual nos daría una producción mínima de 2.460.000 toneladas.

Acero.—Partiendo de la base de que el incremento de consumo sobre el período de 1929 a 1935 sea de un 25 %, como consecuencia de la elevación de nivel de vida, aumento de instalaciones consumidoras, etc., nos daría una cifra mínima de producción de 1.100.000 toneladas. Esta cifra se estima como mínima indispensable, ya que el aumento del 25 % se considera bastante bajo, teniendo en cuenta la gran cantidad de industrias transformadoras metalúrgicas establecidas posteriormente a la guerra de Liberación. Por otra parte, esta cifra no se considera difícil de alcanzar con las instalaciones actuales, ya que durante el año 1929 se produjeron 1.007.000 toneladas en factorías nacionales.

Producción agrícola.—Para el incremento que debe examinarse luego en este epígrafe, se ha tomado en su conjunto la cifra mínima de 25 % sobre el promedio del período 1930 a 1935. Esta cifra, que hay que tener en cuenta desde el punto de vista de aumento del nivel de vida para artículos de primera necesidad, trigo, arroz, patata, etc., sería probablemente superada para artículos de huerta, productos del campo industrializables y algunos artículos considerados como de lujo.

Las producciones necesarias de los primeros serían de 5.880.000 toneladas de trigo, 397.000 Tm. de arroz, 757.000 Tm. de centeno, 431.000 Tm. de azúcar, 6.570.000 Tm. de patata, 195.000 Tm. de garbanzos y por último 229.000 Tm. de judías.

Por lo que se refiere a los restantes productos, como carne, leche, huevos, etc., deberían establecerse incrementos análogos a los anteriores, como mínimo.

Una vez fijada esta premisa, para establecer exactamente el

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

programa de necesidades para alcanzar tales cifras, sería preciso solicitar de las diversas industrias a que corresponden estas producciones, el plan de modificaciones en sus instalaciones para alcanzar con sus fabricaciones las cifras necesarias.

Si las instalaciones corresponden a una producción industrial, debería solicitarse de las mismas los siguientes datos:

Importancia dentro de la economía nacional definida por su capital o valor de su producción anual. Necesidades de materias primas en un régimen de fabricación normal. Producción actual con respecto a la que se considera como normal. Valoración actual de los elementos de producción, estado de conservación de la misma y su edad o antigüedad. Elementos que precisa reponer para situar la producción en condiciones de rendimiento análogas a las del extranjero. Posibilidad de reposición con maquinaria nacional. Tendencia actual del extranjero respecto a maquinaria y procedimientos de fabricación. Necesidades de maquinaria y elementos para alcanzar una cifra de acuerdo con las producciones establecidas como mínimas necesarias.

En cuanto a las instalaciones agrícolas, al establecer el recuento estadístico de las existencias, precisaría tener en cuenta el estado de conservación para apreciar la verdadera eficacia, los elementos que precisa reponer para alcanzar el nivel calculado y la posibilidad de suministro por la producción nacional. También sería del mayor interés analizar y cifrar artículos tales como elementos auxiliares y herramientas. Entre los primeros tenemos los piensos, carburantes, llantas, herraduras, clavos, etc., y como herramientas, las azadas, azadones, palas, horquillas, rastrillos, hoces, tijeras para esquileo, guadañas, etc.

Por último, precisaría ampliar este estudio a aquellos productos imprescindibles para la producción agrícola, como abonos, insecticidas, criptogamicidas y desinfectantes varios.

He aquí expuesta a grandes rasgos, y dentro de las limitaciones de tiempo de este II Congreso Nacional de Ingeniería, la forma de pensar de esta Ponencia y el trabajo «a posteriori» de recogida de datos para establecer el proceso a seguir al objeto de dar estabilidad y una más sólida cimentación al formidable esfuerzo realizado por España para resolver el problema de substituir tantos y tantos productos para cuya adquisición se cerraron las puertas del comercio exterior y que no solamente colmó sus necesidades en este sentido, sino que al mismo tiempo consiguió una elevación palpable de su nivel de vida.

Al elevar a este Congreso las anteriores directrices, resultado de diversas deliberaciones de sus componentes, expresa su deseo de que sea sometido a discusión, al objeto de facilitar a los continuadores de esta obra una base de trabajo que, por recoger la opinión de concurrencia tan valiosa, podrá ser magnífico instrumento en sus manos.

Madrid 29 de mayo de 1950.

ANEXO

En otras ocasiones han sido analizadas algunas facetas de las que componen el complejo conjunto de las actividades mineras, industriales y agrícolas; enlazándolas, el tema de la energía ha sido también objeto de reiterados estudios. En todo caso, las cifras propuestas quedan por debajo de las que anteriormente aceptamos como representativas del restablecimiento de nuestra normalidad económica, y por ello deben citarse a título de referencia para enlazarlas en seguida con las que queremos alcanzar.

Del IV Pleno del Consejo Económico Sindical, a principios de 1949, son las apreciaciones que siguen sobre carbones minerales, cemento y acero:

CARBONES MINERALES: TONELADAS

	1947 Producción	Aumento previsto	Maquinaria de importación necesaria. Pesetas
Hulla...	9.144.000	1.800.000	91.686.908
Antracita...	1.392.000	1.100.000	25.000.000
Lignito	1.260.000	1.240.000	25.000.000
Total	11.796.000	4.140.000	141.686.908

La maquinaria precisa para el aumento de producción previsto representa importaciones por valor de ptas. 141.686.908, a cambio oficial, es decir, ptas. oro 55.000.000 aproximadamente.

La producción de cemento para agotar las posibilidades de las instalaciones existentes exigiría importaciones de maquinaria por valor de ptas. 31.533.854 a cambio oficial (ptas. oro 12.246.000) alcanzándose entonces 2.994.500 toneladas anuales.

Para llegar a 4.000.000 toneladas se necesitan importaciones adicionales por ptas. 24.719.436 (ptas. oro 9.600.000). Desde la fecha de estas previsiones han sido autorizadas varias importaciones.

La producción de acero exige también crecidas importaciones de maquinaria que se estiman en ptas. 241.719.286 a cambio oficial (ptas. oro 93.872.000) para restablecer ligeramente aumentada la producción de 1929, alcanzando la cifra de 1.215.951 toneladas.

Por su parte, el reciente Congreso de Ingeniería Agronómica ha estudiado las necesidades de maquinaria agrícola que no admiten espera, relacionándolas, como es natural, con el servicio de energía para moverla. De sus conclusiones son los párrafos que siguen:

«Es primordial asegurar un aprovisionamiento suficiente de carburantes, aceites y grasas que garanticen la utilización económica de los motores agrícolas existentes en la actualidad, para los que son necesarias, como mínimo anual, 108.000 Tm. de carburantes y 4.300 Tm. de lubrificantes. Una vez garantizado este servicio habrá llegado el momento de incrementar el censo de motores, como más adelante se propone, lo que representaría cuadruplicar las cifras anteriores.

Se debe organizar la red de distribución de los carburantes típicamente agrícolas, como el petróleo (keroseno), de modo que el consumidor los tenga siempre a su alcance.

La energía eléctrica debe reemplazar a la de petróleo en todas las instalaciones fijas, así como en ciertas labores y transportes agrícolas, auxiliando a los productores y consumidores con las medidas que propugnó el Congreso de Electrificación Rural de 1948.

La fabricación nacional de maquinaria agrícola no puede contribuir al progreso de nuestra agricultura en la medida que consienten sus instalaciones, si no recibe en tiempo oportuno todos los materiales que necesita, habida cuenta de que las máquinas o las piezas de recambio para ellas son precisas en fecha inaplazable.

Un cupo de 50.000 Tm. anuales de material siderúrgico cubrirá las necesidades presentes más indispensables de la agricultura, incluída la carretería y herraje del ganado.

Las importaciones de maquinaria agrícola son necesarias y urgentes para cubrir cuanto antes la falta de aquellas máquinas que nuestra industria no puede producir a precios internacionales, sobre todo, tractores y otras unidades de motocultivo, así como

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

recambios que aseguren el trabajo de los equipos. Cífrense dichas importaciones anuales en 83 millones de pesetas oro durante tres años y 17 millones de pesetas oro los años sucesivos.

Paralelamente se propone la importación anual de 25.000 yuntas de mulas durante dos años, por unos 35 millones de pesetas oro anuales y la décima parte en años sucesivos. Las importaciones de motores de combustión interna en dichos períodos se prevén sean 12 y 7 millones de pesetas oro, respectivamente.

Los cultivos de exportación necesitan disfrutar de marcada preferencia para mejorar su equipo mecánico.

Los cambios para las importaciones destinadas al agricultor deben concordar con los que se aplican a sus exportaciones.

Intervienen en la discusión los señores Carreras, Vallvé y Aranda, y se llega como conclusión a la conveniencia de crear una agrupación de los consejos técnicos de los distintos Ministerios, con el fin de que conjuntamente, y recabando la colaboración e información de personalidades destacadas de la industria privada, puedan proponer un plan general de industrialización, dando así mayor eficacia a su intervención.

Sin más asuntos de qué tratar, se levanta la sesión a las 13,30.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

CONCLUSIONES DEL GRUPO OCTAVO

«MAQUINARIA Y EFICIENCIA»

Las conclusiones de los trabajos que se publican en este Tomo IX, estudiadas en las respectivas Secciones del Grupo VIII, MAQUINARIA Y EFICIENCIA, *fueron coordinadas y dispuestas para su presentación al Pleno del Congreso, en la reunión conjunta celebrada al efecto, por las Mesas de aquellas Secciones con el Ponente General.*

Estas conclusiones, de carácter provisional, impresas en las páginas 209 y 210 del Tomo I, se sometieron a examen y discusión en el Pleno y quedaron aprobadas en el celebrado el día 2 de junio de 1950, con la redacción que consta en las páginas 245 y 246 de aquel Tomo I.

FIN DEL TOMO IX

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

INDICE

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

INDICE

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

ÍNDICE DEL TOMO OCTAVO

GRUPO VII.—TRANSPORTES

Páginas

SECCIÓN I.—Acta de la sesión celebrada por la Sección I el día 29 de mayo de 1950... 9
N.º 33.—*Ensayos con tipos modernos de anclas* ... 9
N.º 234.—*Aleaciones ligeras en la construcción naval*... 20
N.º 273.—*Las instalaciones de maquinaria de los buques españoles de 1920 a 1950.* 49
N.º 7.—*Consideraciones sobre la construcción naval española y sus efectos sobre la industria naviera* ... 63

SECCIÓN II.—Acta de la sesión celebrada el día 29 de mayo de 1950 por la Sección II. 71
N.º 14.—*Datos para el planteamiento económico de los transportes de viajeros en común en las poblaciones* ... 71
N.º 31.—*Idea general sobre un proyecto de ferrocarril metropolitano y de enlaces ferroviarios en Zaragoza*... 78
N.º 96.—*Propuesta de un sistema de valoración de los aforos de tráfico*... 86
N.º 201.—*Enlaces ferroviarios y expansiones urbanas*... 94
N.º 243.—*El problema del transporte terrestre en España* ... 97
N.º 8.—*Los transportes por carretera en la Zona del Protectorado* ... 107
N.º 134.—*La turbina de combustión como medio propulsivo* ... 134
N.º 301.—*Memoria de la «Empresa Nacional de Autocamiones, S. A.»* ... 140

SECCIÓN III.—Acta de la sesión celebrada el día 30 de mayo de 1950 por la Sección III. 165
N.º 142.—*El transporte aéreo y su coordinación con los demás tranportes* ... 165
N.º 130.—*Plan de aeropuertos españoles*... 221
N.º 281.—*Accidentes de la circulación por carretera. Modo de reducirlos*... 237
N.º 139.—*Circulaciones y servicios en los grandes Aeropuertos* ... 240
N.º 110.—*Aeropuertos para helicópteros en España* ... 289
N.º 141.—*Desarrollo de la aviación deportiva y del pequeño turismo*... 295
N.º 225.—*Antecedentes relativos a la actuación de los Ingenieros Industriales en la creación y desarrollo de la aviación civil en España* 307

SECCIÓN IV.—Acta de la sesión celebrada el día 30 de mayo de 1950 por la Sección IV.

PONENCIA.—Solución económica española del problema del transporte. Coordinación de éste ... 317

Conclusiones del Grupo VII ... 345

ÍNDICE DEL TOMO NOVENO

GRUPO VIII.—MAQUINARIA Y EFICIENCIA

SECCIÓN I.—Acta de la sesión celebrada el día 29 de mayo de 1950... 353
N.º 3.—*Posibilidad y conveniencia de nacionalizar la maquinaria y material minero*... 353
N.º 25.—*Consideraciones sobre el cálculo y construcción de tuberías forzadas para centrales hidroeléctricas* ... 359

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Páginas

N.º 70.—Un tipo de elongámetro eléctrico de hilo resistente para materiales heterogéneos ... 379
N.º 74.—Importancia y progreso de las aplicaciones de la fotografía en la industria textil ... 382
N.º 87.—Estudio sobre las causas de rotura de cigüeñales en motores térmicos y sus posibilidades de reparación ... 395
N.º 97.—La producción combinada de vapor y fuerza en la industria química ... 404
N.º 109.—Sistematización de las comunicaciones eléctricas de larga distancia ... 413
N.º 48.—La perforación en roca ... 428

SECCIÓN II.—Acta de la sesión celebrada el día 29 de mayo de 1950 por la Sección II. 453
N.º 149.—Redes de telecomunicación por enlace radio utilizando frecuencias ultraelevadas ... 453
N.º 176.—El sistema compresor-turbina. Su cálculo y aplicaciones ... 474
N.º 190.—Sistema multicanal español telefónico y telegráfico ... 559
N.º 116.—Los recubrimientos metálicos por proyección y sus aplicaciones en la lucha contra la corrosión y el desgaste ... 573
N.º 140.—Consideraciones y dificultades sobre la fabricación de instrumentos de a bordo y de otros aparatos de precisión ... 586
N.º 147.—Un nuevo tipo de electro-higrómetro para la determinación de humedades en áridos, harinas y otros productos vegetales ... 617
N.º 188.—Un oscilógrafo catódico para el trabajo del campo ... 621
N.º 276.—La construcción del motor de aviación en España ... 623

SECCIÓN III.—Acta de la sesión celebrada el día 30 de mayo de 1950 por la Sección III. 649
N.º 12.—Importancia actual de la mejora del rendimiento laboral ... 649
N.º 13.—La edad en el trabajo de los peones ... 656
N.º 30.—La distribución del personal en trabajos de actividad diaria ... 662
N.º 28.—Personalidad y progreso de la ingeniería española (Resumen) ... 693
N.º 49.—Los factores morales y materiales que intervienen en la productividad del obrero ... 694
N.º 170.—Rendimiento ... 699

SECCIÓN IV.—Acta de la sesión celebrada el día 30 de mayo de 1950 por la Sección IV. 705
N.º 17.—Eficiencia industrial ... 705
N.º 235.—Educación de mandos para la industria ... 719
N.º 198.—La eficiencia del factor humano ... 727

SECCIÓN V.—Acta de la sesión celebrada el día 31 de mayo de 1950 por la Sección V. 735
N.º 237.—Dotación de maquinaria y herramientas a la industria, en sus aspectos minero, fabril y agrícola ... 735

PONENCIA.—Dotación de máquinas y herramientas a la industria en sus aspectos minero, fabril y agrícola ... 744

Conclusiones del Grupo VIII ... 748

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ERRATAS ADVERTIDAS

Dice:	Debe decir:	Página	Columna	Línea
aecc	accesorios	25	2.ª	31
enumerado	enunciado	84	—	9
seguridad	inseguridad.	103	1.ª	17
$4 \times 4 \times 3$	$4 \times 3 \times 3$	117	1.ª	18
W Va.	K. V. A.	148	1.ª	10
20 (Km-h)	(km. h.)	194	—	6
tresinte	treinta.	211	1.ª	6
transparencia	transcendencia	229	2.ª	32
Maujóu	Mejón	236	—	7
exportaciones	explotaciones	335	2.ª	1
distruída	distribuída	370	2.ª	33
do a una distancia X del eje de la tubería. En el momento de	de este eje neutro (dice Schoklitsch) y como la reacción es axil	372	2.ª	11
realización	reacción	373	2.ª	penúltima
$\sqrt{\frac{2\,c\,\beta}{2\,c\,\beta}}$	$\sqrt{\frac{2\,c\,\beta}{2\,c\,\beta+3}}$	377	2.ª	
Tajo	tajo	449	2.ª	44
Fig. 1	fig. 4	456	1.ª	49
Fig. 3	fig. 1	466	2.ª	14
Fig. 4	fig. 6	467	1.ª	20
Fig. 4	fig. 9	470	1.ª	3
Fig. 5	fig. 7	470	1.ª	18
Fig. 6	fig. 8	470	1.ª	26
$\eta_a = \frac{T_1}{2\triangle T}\left\{\left(1\,\frac{2\triangle T}{T_1}\right)\right.$	$\eta_a = \frac{T_1}{2\triangle T}\left\{\left(1+\frac{2\triangle T}{T_1}\right)\right.$	482	1.ª	29
$1 = 1$ Kg/cm^2	$P_1 = 1$ Kg./cm^2	484	1.ª	15
G	nG	492	1.ª	14
cuerda	cuarta	499	2.ª	29
$W_{2c} = \sqrt{g\,RT_{2c}}$	$W_{2c} = \sqrt{g\,\gamma\,RT_{2c}}$	514	2.ª	39
$V_a^2 = V_{tc}^2$	$V_a^2 + V_{1c}^2$	515	1.ª	38
$V_a^2\,(1 + \tan^2 \alpha_2)$	$V_a^2\left(1 + \tan g^2 \alpha_{2r}\right)$	516	2.ª	33
$Al2O_3$, G1o	Al_2O_3, G1O	522	2.ª	37
ω	W	535	1.ª	43 y 45
$= \frac{(G + C)\,C_p}{G\,T_p}$	$\frac{(G + c)\,C_p}{G\,C_p}$	538	1.ª	6

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Dice:	Debe decir:	Página	Columna	Línea
$= a \frac{\theta_m \triangle_p}{G \triangle T}$	$= a \frac{\theta_m \triangle_p}{G \triangle T} . g$	541	1.ª	30
crecimiento	rendimiento	542	1.ª	10
$T_p (T_3 - T_0)$	$T_p (T_3 - T_1)$	543	2.ª	27
$\eta'_2 - \ldots$	$\eta'_2 = \ldots$	544	1.ª	11
12	14	581	2.ª	36
DIMEMSIONES	DIMENSIONES	592	2.ª	6
Marino	Mariano	621	—	4
I	J	659	2.ª	1
$t = 7 \times -48$	$t = 7 \times 8 - 48$	665	1.ª	38
transformada	transformadora	742	—	42

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO